



TESIS RC – 092399

**PEMODELAN KERJASAMA SUBKONTRAKTOR - KONTRAKTOR
DENGAN PENDEKATAN *FUZZY GAME THEORY***

HARDIAN DWI SUSANTO

3113203003

DOSEN PEMBIMBING

Trijoko Wahyu Adi, ST.,MT.,PhD

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



TESIS RC – 092399

**MODELING OF COOPERATION SUBCONTRACTOR - CONTRACTOR
APPROACH FUZZY GAME THEORY**

HARDIAN DWI SUSANTO

3113203003

SUPERVISOR

Trijoko Wahyu Adi, ST.,MT.,PhD

MAGISTER PROGRAM

CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2016

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T.)
Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Oleh

HARDIAN DWI SUSANTO
NRP. 3113203003

Tanggal Ujian : 12 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

Disetujui Oleh :



1. **Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D** (Pembimbing)
NIP 19740420 2002212 1 003



2. **Ir. I Putu Artama Wiguna, MT., Ph.D** (Penguji)
NIP 19691125 199903 1 001



3. **Dr. Eng Erwin Widodo, ST., MEng** (Penguji)
NIP. 19740517 199903 1 002

Direktur Program Pascasarjana



Prof. Ir. Dianhar Mawla, M.Sc. Ph.D.
NIP 19601202 198701 1001

PEMODELAN KERJASAMA SUBKONTRAKTOR - KONTRAKTOR DENGAN PENDEKATAN *FUZZY GAME THEORY*

Nama : Hardian Dwi Susanto
NRP : 3113203003
Dosen pembimbing : Trijoko Wahyu Adi, ST.,MT.,PhD

ABSTRAK

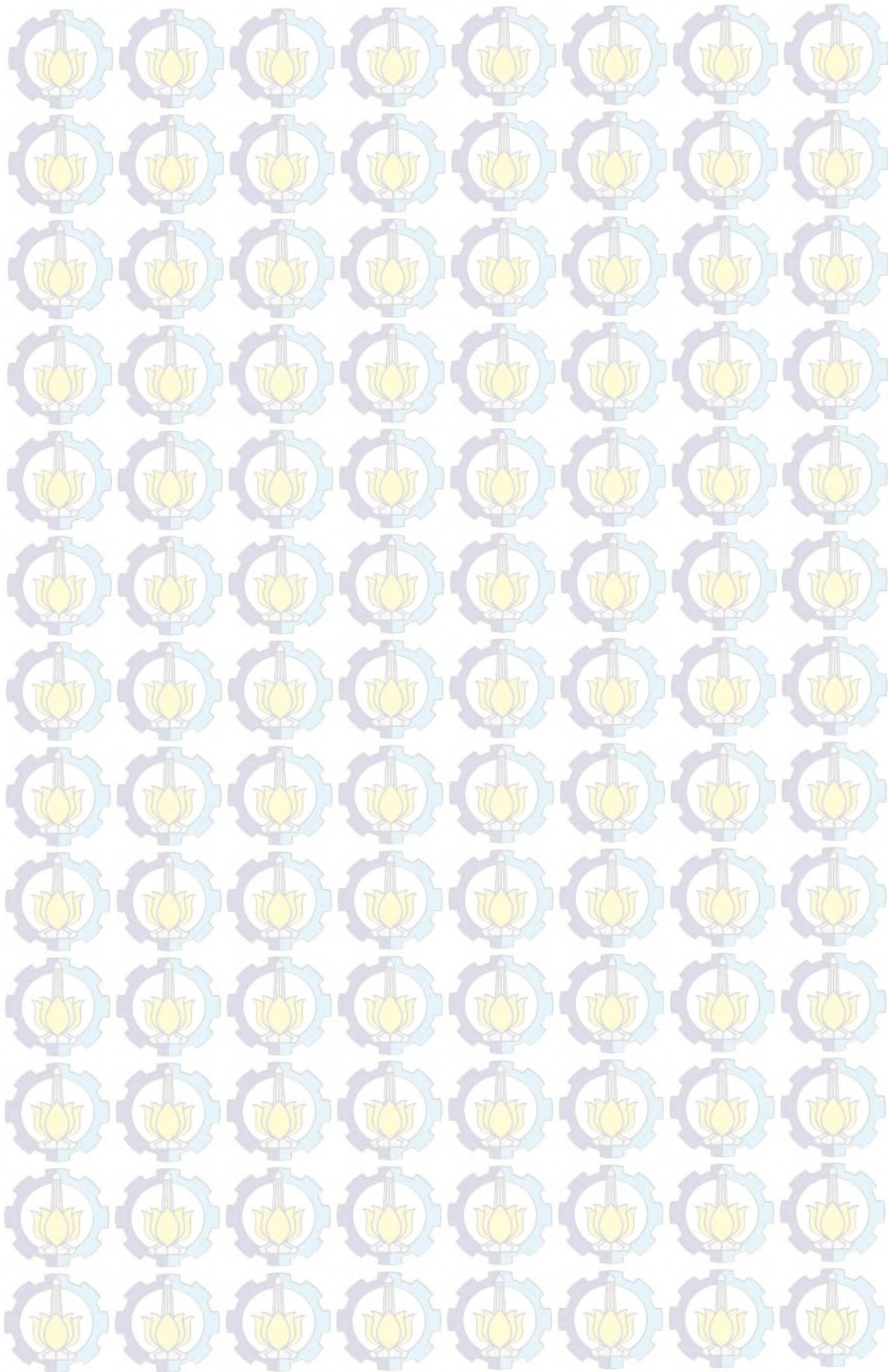
Tak dipungkiri dewasa ini di era persaingan global internasional maupun nasional dan tantangan percepatan pembangunan, kedepannya akan banyak pekerjaan skala besar proyek – proyek konstruksi yang berkembang pesat di Surabaya. Proyek besar tersebut memerlukan biaya dan sumber daya besar serta melibatkan banyak pihak yang terlibat. Keberhasilan dan kebersinambungan proyek yang dikerjakan oleh kontraktor pada industri konstruksi tak terlepas dari keterkaitan kemitraan yang saling menguntungkan (*win – win*) antar pihak yang terlibat pada rantai pasok proyek, salah satunya adalah subkontraktor.

Penelitian ini memodelkan kerjasama kontraktor – subkontraktor untuk subpekerjaan tiang pancang dengan metode *Fuzzy Game theory*. Metode *Game theory* digunakan sebagai dasar penyusunan strategi kerjasama kooperatif antara kontraktor dan subkontraktor, sedangkan *Fuzzy logic* digunakan untuk perhitungan nilai *payoff*. Ada dua strategi yang digunakan dalam teori permainan ini, yaitu: strategi Harga (diskon) dan ketersediaan produk (stok). Proyek Puncak Darmahusada digunakan sebagai studi kasus.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang diusulkan dapat digunakan sebagai model kerjasama yang seimbang (*win-win solution*) antara kontraktor – subkontraktor dimana para pemain mendapatkan *benefit* yang paling optimal dari strateginya. Dalam simulasi kedua belah pihak akan memperoleh keuntungan yang paling optimal dengan *payoff* sebesar Rp164.926.010,-; Rp62.839.808,- dengan strategi harga (diskon) sebesar 1,51% dan ketersediaan stok nilai sebesar 30%

Kata Kunci: Kemitraan, Kontraktor, subkontraktor, *fuzzy*, *Game Theory*

Halaman ini sengaja dikosongkan



MODELING OF COOPERATION SUBCONTRACTOR – CONTRACTOR APPROACH FUZZY GAME THEORY

Name : Hardian Dwi Susanto
Student Identity Number : 3113203003
Supervisor : Trijoko Wahyu Adi, ST.,MT.,PhD

ABSTRACT

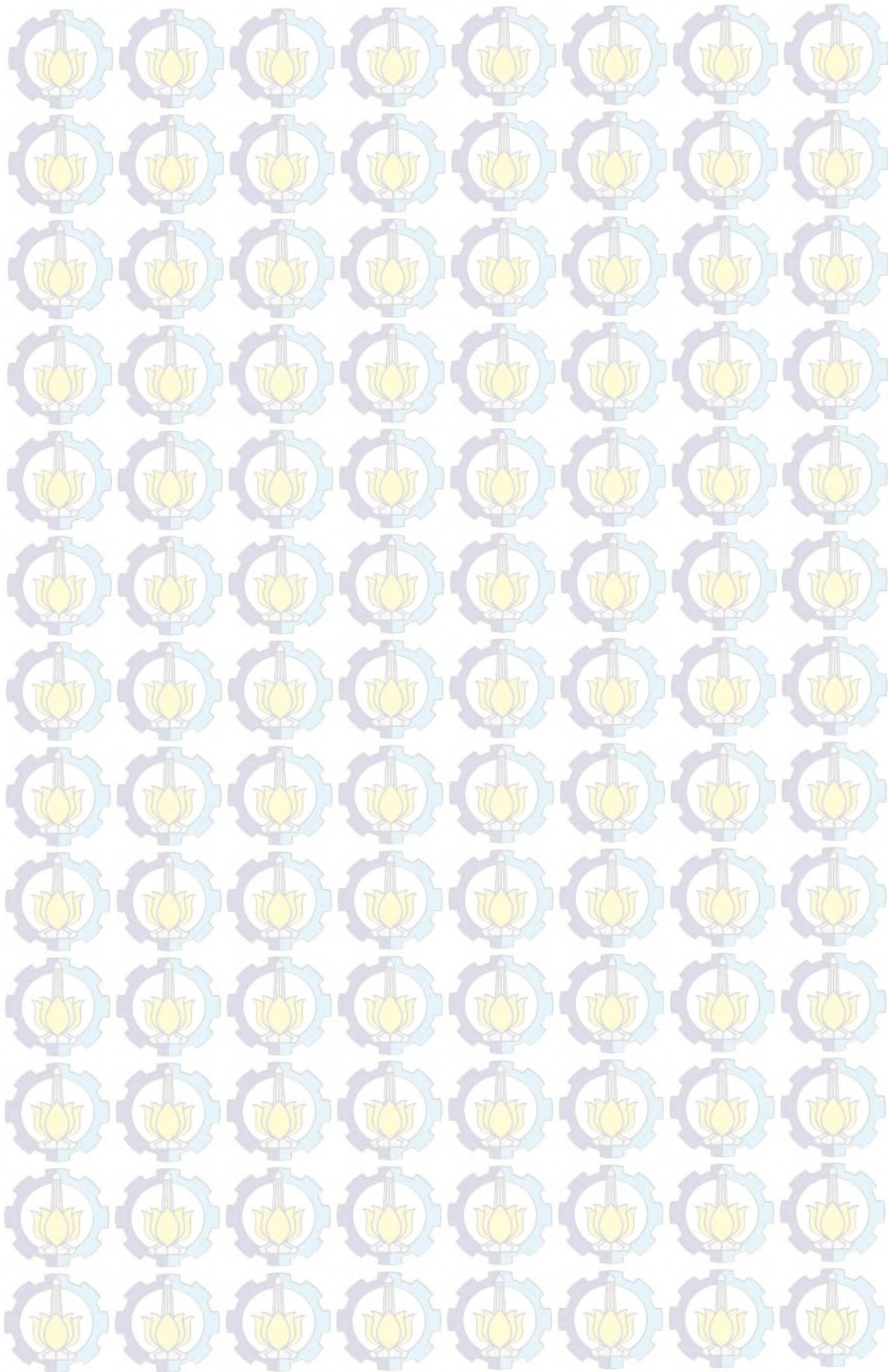
In appropriate in current era of global competition and the challenge of international and national development acceleration, the future will be a lot of work large-scale projects - construction projects are growing rapidly in Surabaya. The large projects require substantial costs and resources and involve many parties are involved. The success and sustainability of projects undertaken by contractors in the construction industry can not be separated from a partnership relationship mutually beneficial (win - win) between the parties involved in the project supply chain, one of which is a subcontractor.

This research of modeling the contractors with subcontractors in cooperation for procurement pile with *Fuzzy Game theory*. Game theory methods are used as the basis for *cooperative* cooperation strategy between the contractor and subcontractors, while *fuzzy logic* is used for calculating the value of a *payoff*. There are two strategies used in *Game Theory*, namely: strategy price (discount) and product availability (stock). Puncak Darmahusada project used as a case study.

The results showed that the proposed model can be used as a balanced model of cooperation (*win-win*) between the contractor and subcontractor where the players get the most benefit from the optimal strategy. In the simulation of both parties would benefit most optimal payoff for Rp164.926.010,- ; Rp62.839.808,- with a strategy price (discount) is 1,51% and the product availability (stock) is 30%

Keyword: *partnership, contractors, subcontractors, fuzzy, game theory*

Halaman ini sengaja dikosongkan



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rasa syukur penulis aturkan hanya Kepada Allah Subhanawata'ala dan uswatun hazanah Rasulullah Muhammad yang telah membawa kepada jalan yang terang, atas segala nikmat dan kesempatan umur yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pemodelan Kerjasama Subkontraktor – Kontraktor Dengan Pendekatan *Fuzzy Game Theory*”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik, Bidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tuaku khususnya ibu..ibu..ibu dan ayah yang kuhormati dan kusayangi sampai kapanpun dan senantiasa selalu memanjatkan do'a untuk keberhasilan dan kesuksesanku, telah banyak berkorban dan bersabar, dan tiada berhenti memberikan semangat dan dukungan dengan ikhlas. Terima kasih atas segala cinta dan do'a selama ini, semoga Allah membalas segala kebaikan orang tuaku.
2. Kepada kakak dan adek saya Helmi Purbo Susanto SE. dan Riska Fitria Susanti SKG. serta keluarga besar Kakek Sulaiman dan Kakek Toekidjan, terimakasih atas doa dan dukungannya selama ini.
3. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., P.hD selaku dosen pembimbing dengan kesungguhan bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan arahan, nasihat dan petunjuk selama penyusunan tesis. Dan terimakasih kepada Bapak Dr. Eng Erwin Widodo, ST., MEng, dan Ir. I Putu Artama Wiguna., MT.,PhD yang telah sabar dan banyak memberikan masukan kepada saya.
4. Teman-teman semua dan khususnya teman-teman jurusan Manajemen Proyek Konstruksi angkatan 2013, terima kasih atas segala dukungan dan motivasi yang diberikan sehingga penulis selalu bersemangat dalam menyelesaikan tesis.

5. Kepada bapak Adi Irmawanto ST. MMT (PT. WIKA Gedung) dan Ibu Sonya (PT. Wahana Concretindo) terima kasih karena senantiasa membantu dalam pengumpulan data guna penyelesaian tesis ini.
6. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tesis.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan tesis ini, akhirnya penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih untuk perkembangan ilmu pengetahuan secara umum khususnya di Bidang Manajemen Proyek Konstruksi.

Surabaya, Januari 2016

Hardian Dwi Susanto

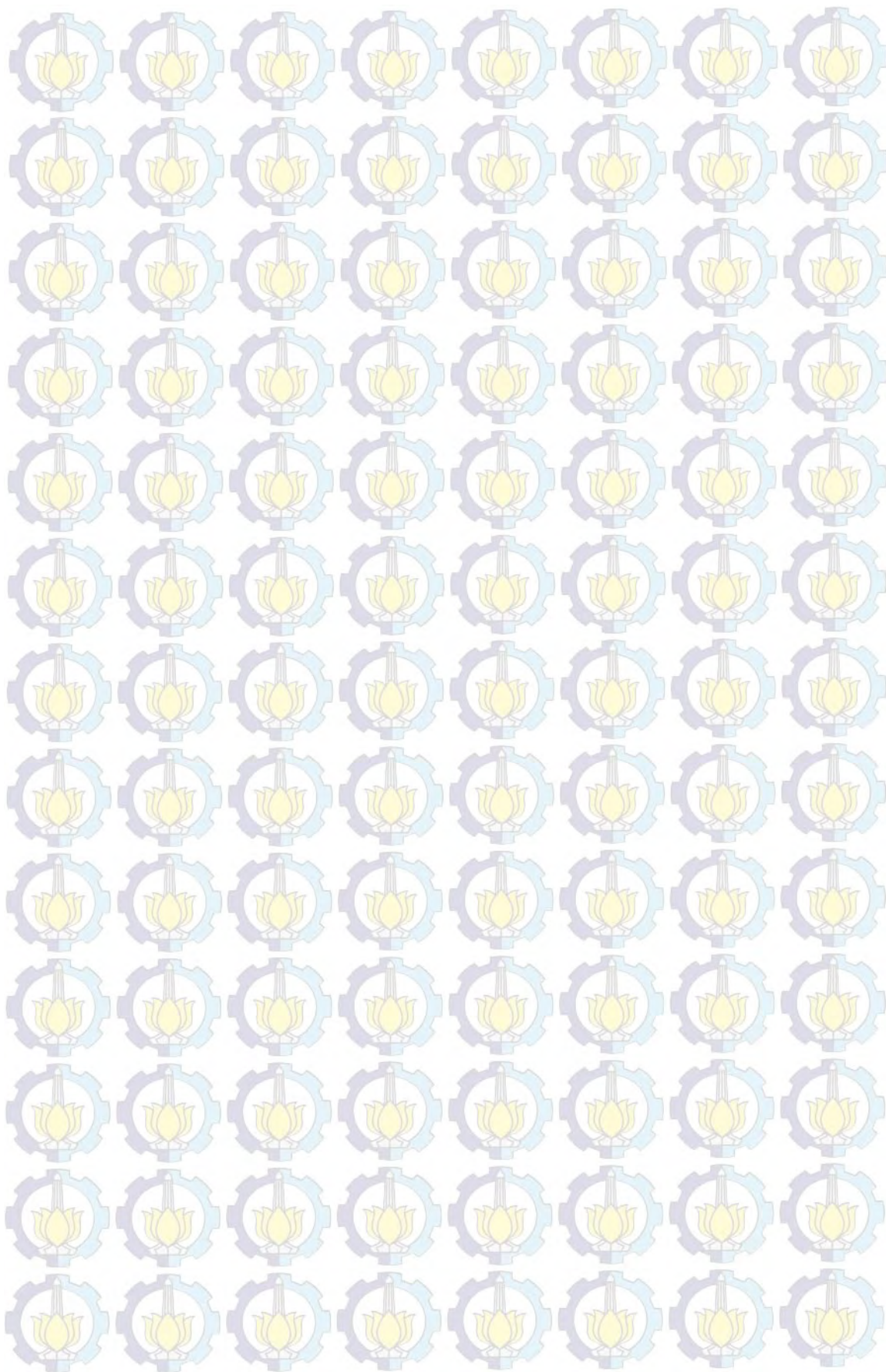
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR RUMUS	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi dan termologi	5
2.1.1 <i>Supply chain</i> konstruksi	5
2.1.2 Proyek Konstruksi	6
2.1.3 Pelaksana Konstruksi	8
2.1.3.1 Kontraktor	8
2.1.3.2 Subkontraktor	9
2.1.3.3 Hubungan Kontraktor dengan Subkontraktor	9
2.1.4 Pemilihan Subkontraktor	10
2.1.5 Strategi subkontraktor	10
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Teori Permainan	11
2.2.1.1 Nash Equilibrium	15
2.2.1.2 Permainan Dengan Strategi Murni (Pure strategy Game)	19
2.2.1.3 Permainan Dengan Mixed Strategi	22
2.2.1.4 <i>Cooperative Game Theory</i>	25

2.2.2	Logika <i>Fuzzy</i>	28
2.2.2.1	Teori <i>Fuzzy set</i>	29
2.2.2.2	Pemodelan kerjasama kontraktor – subkontraktor dengan fuzzy teori permainan	30
2.2.2.3	Himpunan fuzzy	31
2.2.2.4	Fungsi keanggotaan	32
2.2.2.5	Operasional Himpunan	36
2.2.2.6	Fuzzifikasi	37
2.2.2.7	Fuzzy Inference System (FIS)	37
2.2.2.8	Defuzzifikasi	43
2.2.3	Konsep Strategi	44
2.3	Penelitian terdahulu	45
2.4	Posisi penelitian	49
BAB 3	METODE PENELITIAN	55
3.1	Konsep dan Metode Penelitian	55
3.2	Metode pengambilan data	56
3.3	Metode pengolahan data	56
3.4	Survey pendahuluan	57
3.5	Identifikasi pemain	57
3.6	Studi literatur	57
3.7	Penilaian dengan metode <i>fuzzy</i>	58
3.7.1	Penyusunan <i>Model Fuzzy Inference system</i> (FIS)	58
3.7.2	Pembentukan himpunan dan fungsi keanggotaan	58
3.7.3	Fuzzifikasi	60
3.7.4	Inferensi	60
3.7.5	Defuzzifikasi	60
3.8	Teori Permainan subkontraktor – kontraktor	61
3.8.1	Menentukan <i>payoff</i>	61
3.8.2	Menyusun Matriks <i>Payoff output</i> defuzzifikasi	63
3.8.3	Menentukan nilai keseimbangan	64
3.9	Analisis dan interpretasi hasil	64
BAB 4	PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN	67
4.1	Pengumpulan Data	67

4.1.1	Data singkat lokasi penelitian	67
4.1.2	Pemilihan pemain	69
4.2	Pemilihan Strategi	69
4.3	Perhitungan <i>Payoff</i>	70
4.3.1	Fuzzifikasi	70
4.3.1.1	Memodelkan Variabel Fuzzy	74
4.3.1.1.1	Memodelkan Variabel <i>Fuzzy</i> subkontraktor	74
4.3.1.1.2	Memodelkan Variabel <i>Fuzzy</i> kontraktor	77
4.3.1.1.3	Memodelkan Variabel <i>Fuzzy</i> MATLAB	81
4.3.2	Inferensi	83
4.3.2.1	<i>Rule</i> Inferensi subkontraktor	83
4.3.2.2	<i>Rule</i> inferensi kontraktor	87
4.3.2.3	<i>Rule Fuzzy</i> Inferensi MATLAB	97
4.3.3	Defuzzifikasi	91
4.3.3.1	Defuzzifikasi subkontraktor	92
4.3.3.2	Defuzzifikasi kontraktor	92
4.3.3.3	Defuzzifikasi inferensi rule MATLAB	93
4.3.4	<i>Matrix Payoff Game Theory</i>	97
4.3.4.1	Matriks permainan subkontraktor ABC – kontraktor XYZ	97
4.3	Hasil Pembahasan	101
BAB 5 PENUTUP		107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	107
DAFTAR PUSTAKA		110
LAMPIRAN		114

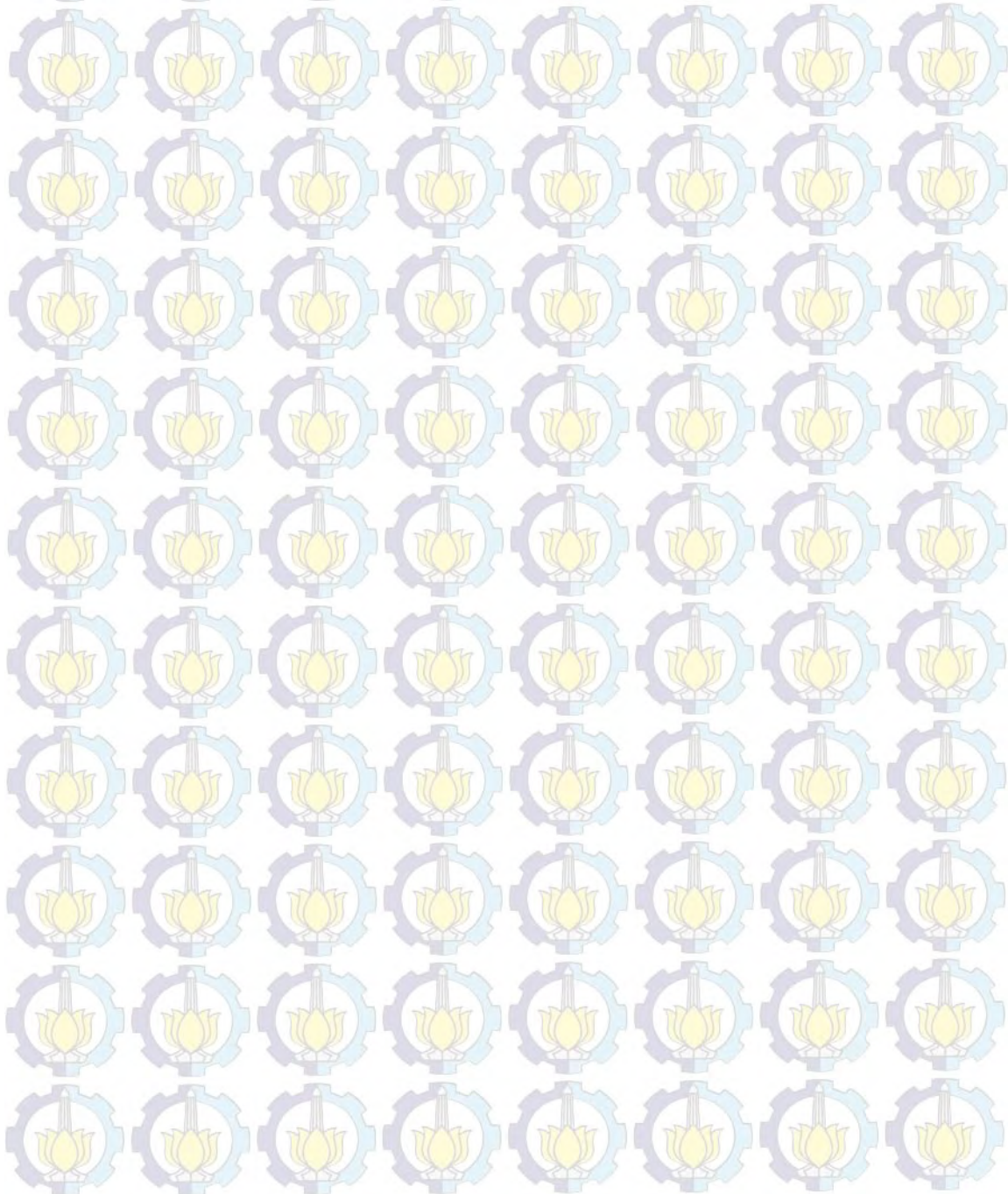
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Supply chain</i> konstruksi	7
Gambar 2.2. Perbandingan contoh a) logika tegas dan b) logika <i>fuzzy</i> dalam penentuan golongan umur manusia	29
Gambar 2.3. Perbandingan <i>Crisp Set</i> dan <i>Fuzzy Set</i>	31
Gambar 2.4 Representasi linear naik	33
Gambar 2.5 Representasi linear turun	33
Gambar 2.6 Representasi segitiga	34
Gambar 2.7 Representasi kurva trapezium	34
Gambar 2.8 Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy	38
Gambar 2.9 Inferensi	41
Gambar 2.10 Proses FIS	42
Gambar 2.11 Proses Defuzzifikasi	44
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian	55
Gambar 3.2 Proses Defuzzifikasi	61
Gambar 3.4 <i>Payoff Fuzzy Inference System</i>	62
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	68
Gambar 4.2 Tampak Depan Rencana Proyek	68
Gambar 4.3 Pekerjaan Struktur Pondasi Tower	68
Gambar 4.4 Grafik <i>member function</i> kriteria diskon kecil	71
Gambar 4.5 Grafik <i>member function</i> kriteria diskon sedang	72
Gambar 4.6 Grafik <i>member function</i> kriteria harga besar	73
Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan kriteria Harga (diskon) subkontraktor	74
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan kriteria ketersediaan stok subkontraktor	75
Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan kriteria keuntungan subkontraktor	76
Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan kriteria Harga (diskon) kontraktor	77
Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan kriteria ketersediaan stok kontraktor	78
Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan penghematan kontraktor	80
Gambar 4.13 Input variabel Harga (diskon) preferensi subkontraktor	81
Gambar 4.14 Input variabel ketersediaan stok preferensi subkontraktor	81
Gambar 4.15 Output variabel keuntungan preferensi subkontraktor	81
Gambar 4.16 Input variabel harga (diskon) preferensi kontraktor	82

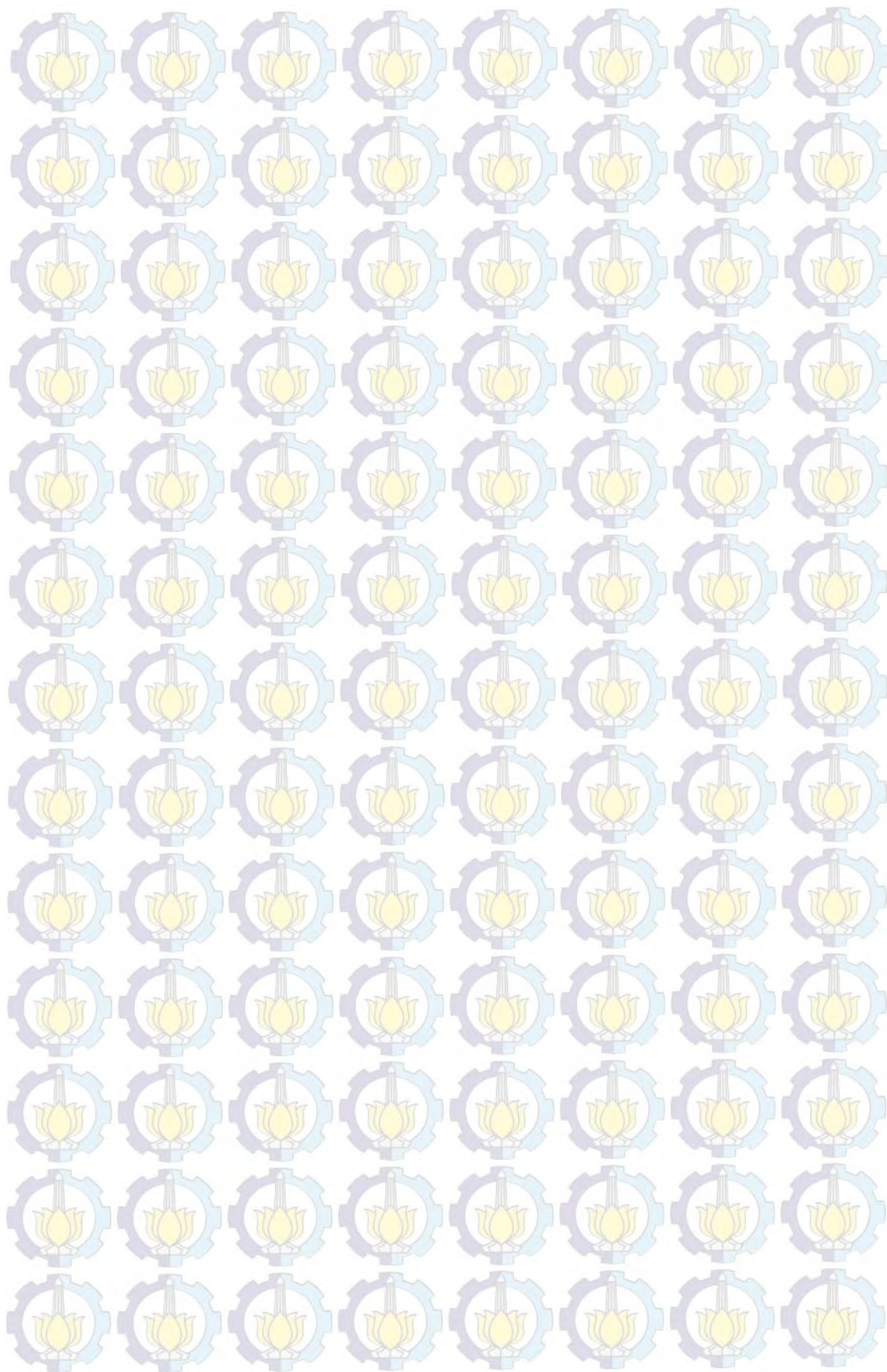
Gambar 4.17 Input variabel ketersediaan stok preferensi kontraktor	82
Gambar 4.18 Output variabel penghematan preferensi kontraktor	82
Gambar 4.19 <i>Edit Rule Fuzzy</i> MATLAB Inferensi subkontraktor	91
Gambar 4.20 <i>Edit Rule Fuzzy</i> MATLAB Inferensi kontraktor	91
Gambar 4.21 Tampilan <i>view rule</i> MATLAB Inferensi subkontraktor	93
Gambar 4.22 Tampilan <i>view rule</i> MATLAB Inferensi subkontraktor	94
Gambar 4.23 Tampilan <i>view rule</i> MATLAB Inferensi kontraktor	95
Gambar 4.24 Tampilan <i>view rule</i> MATLAB Inferensi kontraktor	96



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Area cakupan <i>Supply chain management</i>	7
Tabel 2.2 <i>Matrix Payoff</i>	14
Tabel 2.3 Nash ekuilibrium	19
Tabel 2.4 Matriks maxmin minmax pure strategi	21
Tabel 2.5 Matriks strategi campuran pemain 1	24
Tabel 2.6 Matriks strategi campuran pemain 1 vs pemain 2	25
Tabel 2.7 Konsekuensi <i>payoff</i> pada game modeling interaksi dua pihak	27
Tabel 2.8 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu	50
Tabel 2.9 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu	51
Tabel 2.10 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu	52
Tabel 2.11 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu	53
Tabel 3.1 <i>Matrix</i> kontraktor vs subkontraktor	61
Tabel 3.2 <i>Matrix payoff</i> kontraktor vs subkontraktor	65
Tabel 4.1 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon kecil	71
Tabel 4.2 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon sedang	72
Tabel 4.3 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon besar	73
Tabel 4.4 Matriks payoff subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ	98
Tabel 4.5 Perhitungan matriks gaming Subkontraktor ABC – Kontraktor XYZ	101
Tabel 4.6 Nilai <i>gap coalition</i>	103
Tabel 4.7 Perbedaan kombinasi Antar pemain	105
Tabel 4.8 Diskon tengah Antara Kontraktor dan Subkontraktor dengan Metode yang berbeda	106

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tak dipungkiri keberhasilan proyek di Surabaya yang dikerjakan oleh kontraktor pada pelaksanaan proyek tak terlepas dari keterkaitannya dukungan atau kemitraan dengan pihak-pihak para anggota rantai pasok yang terlibat. Akan tetapi belum adanya pandangan yang akomodatif dari para pemain yang terlibat dalam kerjasama pelaksanaan proyek. Dengan banyaknya pihak yang terlibat dalam suatu proyek diperlukan manajemen proyek untuk mengatur semuanya. Tujuan dari manajemen proyek ini adalah untuk mengelolah/ mengatur hubungan antar pelaku pelaksana proyek sedemikian rupa sehingga memperoleh hasil yang sesuai dengan pencapaian pelaksanaan proyek. Manajemen proyek semakin rumit dengan bertambah besarnya ukuran dan lingkup proyek.

Dewasa ini dalam era persaingan global internasional maupun nasional, tantangan percepatan pembangunan kedepannya akan banyak pekerjaan-pekerjaan proyek skala besar maka perlu adanya manajemen pengolahan yang baik agar bisa menjaga kestabilan dan berkesinambungan kerjasama pelaksanaan (*joint operation*) proyek. Perkembangan pertumbuhan proyek berjalan dengan pesat berskala besar yang sudah tentu membutuhkan biaya besar dan sumberdaya yang besar dalam menangani pekerjaan yang banyak, praktis dibutuhkan banyak pihak yang terkait dalam suatu proyek konstruksi untuk mempercepat dan memperoleh hasil maksimal.

Bangunan besar dan kompleks/rumit (baik dari segi teknis maupun dari segi banyaknya macam/jenis pekerjaan yang bersifat khusus) mengakibatkan kontraktor tidak mungkin bekerja sendiri (sebagai kontraktor utama), perlu adanya kontraktor spesialis atau disebut subkontraktor. Penyerahan sebagian pekerjaan kepada subkontraktor karena alasan efisiensi dan produktivitas. Kontraktor selaku pelaksana dalam menyelesaikan suatu proyek seringkali menunjuk pihak subkontraktor untuk menyelesaikan sebagian pekerjaannya yang timbul dalam kontrak. Hal ini memang sudah lazim dilakukan dan diterima dalam praktek (Fuady1998).

Menurut Austen (1991), ada dua prosedur penting dalam menunjuk subkontraktor; pertama, mereka yang ditunjuk langsung oleh kontraktor utama tanpa melibatkan klien dan kedua, subkontraktor yang ditunjuk oleh klien sebelum atau sesudah kontraktor utama dipilih. Dalam kedua hal tersebut, kontraktor utama bertanggung jawab untuk pengaturan dan penyelesaian yang memuaskan pekerjaan yang dilaksanakan oleh subkontraktor

Kontraktor selaku pelaksana memiliki pertimbangan dalam menentukan jenis pekerjaan apa saja yang nantinya akan disubkontrakkan. Penyelesaian proyek tepat waktu sesuai dengan kontrak merupakan tujuan utama kontraktor dalam menunjuk subkontraktor. Pekerjaan manapun yang dilakukan oleh pihak subkontraktor bertanggung jawab langsung kepada kontraktor utama (Fuady, 1998).

Kerjasama kontraktor – subkontraktor proyek konstruksi seharusnya didasari adanya keputusan kerjasama yang *win – win solution* antar keduanya agar kerjasama berjalan panjang (*longterm partnership*) dan tidak hanya terbatas jangka waktu singkat (*shortterm partnership*), sehingga manajemen sistem rantai pasok proyek berkesinambungan dan berjalan dengan sebagaimana mestinya, karena kontraktor – subkontraktor merupakan bagian dari manajemen rantai pasok proyek. Selama ini pemilihan tidak memikirkan akan pentingnya *win – win solution* pada kontraktor selaku pemberi kerja dan subkontraktor selaku penerima kerja, sehingga perlu adanya kajian mengenai hubungan kerjasama.

Seperti yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya Sundari (2015), dalam penelitian ini *cooperative game theory* dapat digunakan sebagai *tool/* alat untuk memilih pemasok oleh pengembang proyek pembangunan perumahan sehingga bisa terjalin hubungan kerjasama yang *win – win solution* antara pengembang dengan pemasok dalam hal pembagian keuntungan yang saling memuaskan. Dengan model ini, pemilihan pemasok dapat disederhanakan dari *N person games* menjadi *two person games* dengan melakukan beberapa kali *pairwase comparasion*. Berdasarkan validasi model ini menunjukkan adanya kesamaan bahwa pemasok yang terpilih sesuai dengan kondisi dilapangan dan ternyata sudah menjalin hubungan kerja jangka panjang (*Long-term partnership*).

Sudah ada beberapa penelitian yang mengintegrasikan *Game theory* sebagai metode atau acuan didalam penelitiannya, diantaranya adalah Asgari dkk (2013),

yang membahas bagaimana subkontraktor dapat mengambil banyak manfaat dari pengelolaan sumber daya bersama dalam proyek - proyek konstruksi. Kaushal dkk (2013), dengan metode *Non Cooperative Game Theory* untuk menentukan strategi yang sesuai dan untuk memperoleh keuntungan yang maksimal dari masing-masing *stakeholder*. Metode *Cooperative Game Theory* digunakan untuk menyusun kerja sama yang saling menguntungkan dan stabil dalam pembagian air antara negara-negara hulu dan hilir (Bhaduri dkk, 2013). Ping Ho dkk (2014), menganalisis interaksi strategis antara peserta tender proyek menggunakan analisa teori permainan. Sedangkan penelitian tentang *Supply chain* di bidang konstruksi yang mengintegrasikan *Game theory* sebagai metodenya masih jarang ditemui. *Game theory* sendiri merupakan teori yang menggunakan pendekatan matematis yang dikembangkan untuk menganalisa proses pengambilan keputusan dalam merumuskan situasi persaingan atau konflik yang terjadi antara berbagai kepentingan. *Game theory* sendiri merupakan bagian dari teori permainan yang fokus pada suatu keadaan dimana proses dinamika perubahan strategi tidak dipengaruhi oleh kualitas, melainkan pada efek frekuensi strategi yang ditemukan dalam populasi (Easley dan Kleinberg, 2010). *Game theory* secara luas diterima sebagai alat terbaik untuk mengambil keputusan interaktif. Dari pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa, teori bermain adalah merupakan suatu teori yang mengedepankan konsep (Kartono, 1994).

Akan tetapi masih ada kelemahan dari penelitian *game theory* yang ada sebelumnya, bilamana strategi *payoff* bersifat kualitatif. Oleh karena itu dalam penelitian ini diusulkan penggunaan metode *fuzzy game theory* yang untuk memodelkan hubungan antara *decision maker* (subkontraktor – kontraktor) dalam mengambil keputusan yang bersifat kualitatif. Model usulan ini diharapkan dapat membantu menemukan strategi yang terbaik dalam kemitraan pelaksanaan pengadaan barang jasa konstruksi antara kontraktor dengan subkontraktor. Kolaborasi antara pengambil keputusan atau pemain yang berbeda dalam menentukan strategi yang *win – win solution* dan paling akomodatif terhadap pemain-pemain yang terlibat dalam kerjasama pelaksanaan konstruksi antara kontraktor dan subkontraktor.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini yang menjadi permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

Bagaimanakah bentuk kerjasama kontraktor - subkontraktor agar kriteria *win – win solution* dapat terpenuhi dengan memanfaatkan pendekatan *fuzzy game theory*?

1.3 Tujuan Penelitian

Memodelkan kerjasama kontraktor – subkontraktor dengan pendekatan *fuzzy* teori permainan sehingga kedua belah pihak mendapatkan keuntungan yang optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat pengembangan keilmuan

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi untuk penelitian sejenis di bidang pengadaan proyek konstruksi.

2. Manfaat Praktis

Model ini dapat dijadikan salah satu rujukan untuk kerjasama kontraktor dan subkontraktor dalam pelaksanaan pengadaan material proyek konstruksi.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk memberikan arah, serta kemudahan dalam penyelesaian masalah yang sesuai dengan tujuan, maka perlu adanya pembatas. Batasan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bentuk strategi kerjasama subkontraktor maupun kontraktor dalam kerjasama.
2. Lingkup penelitian pada perusahaan kerjasama kontraktor dan subkontraktor tiang pancang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Definisi dan terminologi

Agar diperoleh pemahaman yang lebih dalam dan akurat pada masing-masing persepsi antara penulis dan pembaca, maka pada awal bab tinjauan pustaka ini penelitian mendeskripsikan definisi dan terminologi yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1.1 *Supply Chain* Konstruksi

Supply chain merupakan suatu konsep yang relatif baru, yang awal perkembangannya berasal dari industri manufaktur. Konsep *supply chain* berhubungan erat dengan lahirnya konsep *lean production* yang berakar pada pemikiran *lean thinking* yang telah merubah paradigma produksi dalam industri manufaktur. Tuntutan terhadap efisiensi memaksa perusahaan untuk membentuk struktur organisasi yang lebih sederhana, mendorong perusahaan untuk lebih fokus pada bisnis intinya, dan menyerahkan aktifitas pendukungnya pada pihak lain. Perkembangan ini mengakibatkan produk atau jasa yang dihasilkan oleh suatu bisnis, bukan lagi merupakan output dari satu organisasi secara individu, namun merupakan *output* dari suatu rangkaian organisasi, yang disebut *supply chain* (Maylor 2003). Jaringan perusahaan – perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. Perusahaan-perusahaan tersebut termasuk *supplier*, pabrik, distributor, toko atau ritel, serta perusahaan pendukung seperti jasa logistik. Area cakupan *Supply chain management* (SCM) diklasifikasikan dalam tabel 2.1. (Pujawan 2005). Merupakan sekumpulan *supplier* dan *customer* yang terhubung, setiap *customer* pada gilirannya akan menjadi *supplier* bagi organisasi hilir selanjutnya. Rangkaian hubungan *customer-supplier* tersebut terjadi dalam suatu rentang proses perubahan material, dimulai dari tahapan material alam hingga produk akhirnya mencapai pengguna akhir, bagaikan suatu rangkaian mata rantai yang terhubung secara linier. Namun bentuk jaringan

supply chain dalam konteks bisnis yang sesungguhnya memiliki bentuk yang kompleks (Handfield dan Nichols, 1999). Konsep *Supply Chain* Konstruksi suatu konsep yang relatif baru, yang awal perkembangannya berasal dari industri manufaktur. Konsep *supply chain* berhubungan erat dengan lahirnya konsep *lean production* yang berakar pada pemikiran *lean thinking* yang telah merubah paradigma produksi dalam industri manufaktur. Tuntutan terhadap efisiensi memaksa perusahaan untuk membentuk struktur organisasi yang lebih sederhana, mendorong perusahaan untuk lebih fokus pada bisnis intinya, dan menyerahkan aktifitas pendukungnya pada pihak lain (Wirahadikusumah dan Susilawati 2006). Hubungan antar pihak tersebut akan membentuk suatu pola hubungan yang menempatkan suatu pihak sebagai salah satu mata rantai dalam suatu rangkaian rantai proses produksi yang menghasilkan produk konstruksi yang disebut dengan rantai pasok (*supply chain*) konstruksi (Capo dkk 2004).

Kompleksitas hubungan tersebut terjadi karena suatu perusahaan memiliki hubungan ke hulu dengan beberapa pemasok (*multiple suppliers*) dan ke hilir dengan beberapa *customer* (Handfield dan Nichols, 1999). Secara lebih luas lagi terdapat pula hubungan antara *supplier* dengan *supplier*-nya *supplier* serta hubungan antara *customer* dengan *customer* - *customernya*. Hal ini membentuk satu sistem pola jaringan yang kompleks. Pada jaringan ini terdapat ketergantungan antar berbagai pihak, sehingga hubungan ini lebih tepat digambarkan dengan suatu jaringan (*network*) dari pada rantai (*chain*) (Christopher, 1998). Kompleksitas *supply chain* konstruksi digambarkan oleh Vaidyanathan (2001), seperti tertera pada Gambar 2.1. Gambar tersebut memperlihatkan pihak-pihak yang terlibat yang terbagi dalam dua kelompok besar, yaitu penyedia jasa (penyandang dana, penyedia jasa struktur, mekanikal, elektrik, dan arsitektur) dan penyedia barang/material (pemasok material/produk bangunan dan subkontraktor).

1.1.2 Proyek Konstruksi

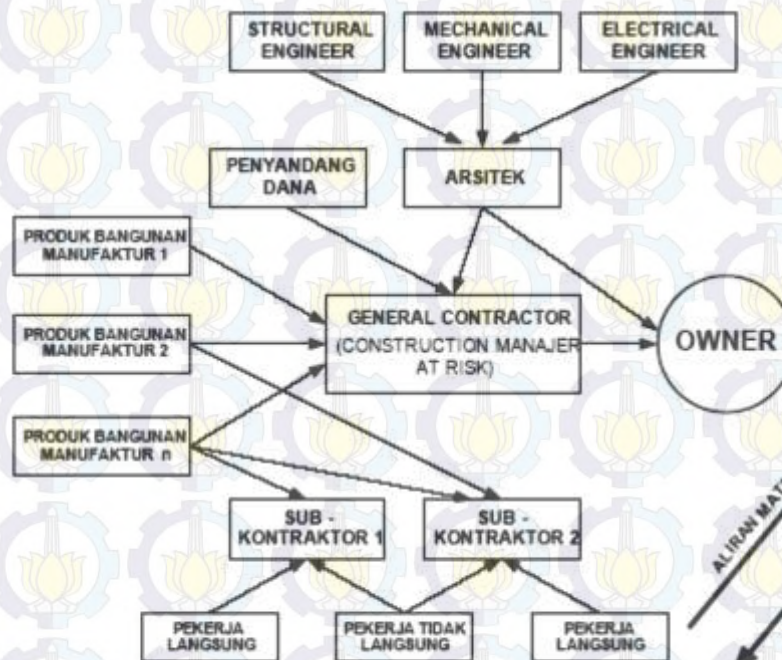
Proyek dapat diartikan sebagai kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu yang terbatas dengan mengalokasikan sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 2001). Konstruksi adalah industri berorientasi proyek di-

Tabel 2.1 Area cakupan *Supply chain management* (SCM)

Bagian	Cakupan Kegiatan
Pengembangan Produk	Melakukan riset pasar, merancang produk baru, melibatkan supplier dalam perancangan produk baru.
Pengadaan	Memilih supplier mengevaluasi kinerja supplier, melakukan pembelian bahan baku dan komponen, memonitor supply risk, membina dan memelihara hubungan dengan supplier.
Perencanaan dan Pengendalian	Demand planning, peramalan permintaan, perencanaan kapasitas, perencanaan produksi dan persediaan.
Produksi	Eksekusi produksi, pengendalian kualitas.
Distribusi	Perencanaan jaringan distribusi, penjadwalan pengiriman, mencari dan memelihara hubungan dengan perusahaan jasa pengiriman, memonitor service level di tiap pusat distribusi.

(Sumber: Pujawan, 2005)

Gambar 2.1 *Supply chain* konstruksi



(Sumber: Vaidyanathan, 2001)

mana setiap proyek adalah unik dan dapat dianggap *prototipe* (Wegelius dan Lehtonen, 2001). Pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian dari rangkaian kegiatan perencanaan, pelaksanaan serta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrik, dan tata lingkungan, beserta kelengkapannya masing masing untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain (UU RI No.18 1999). Proyek konstruksi biasanya dievaluasi dalam segi biaya, waktu, dan kualitas (Ward dkk 1991; Kagioglou dkk 2001). Dan menurut Ward dkk (1991), tiga kategori penilaian proyek tidak hanya itu, Bassioni dkk. (2004), berpendapat bahwa ada faktor-faktor lain, seperti kualitas hubungan antara peserta dan fleksibilitas, dapat mempengaruhi kepuasan pelanggan dan dengan demikian mempengaruhi keberhasilan proyek atau kegagalan (Paek dkk, 2008).

1.1.3 Pelaksana Konstruksi

Pelaksana konstruksi merupakan penyedia jasa perseorangan atau badan usaha yang dinyatakan ahli profesional di bidang perencanaan jasa konstruksi yang mampu mewujudkan pekerjaan dalam bentuk dokumen perencanaan bangunan menjadi bentuk fisik lainnya (UU RI No.18 1999), dan bagian besar kesatuan lembaga/badan yang terdiri dari kontraktor utama sebagai yang menerima pekerjaan dan menyelenggarakan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan biaya yang telah ditetapkan berdasarkan gambar rencana, peraturan dan syarat-syarat yang telah ditetapkan. Sedangkan subkontraktor merupakan kontraktor yang mendapat pekerjaan dari kontraktor utama berupa pekerjaan-pekerjaan konstruksi khusus misalnya, subkontraktor pondasi bor *pile* (Ervianto 2002).

1.1.3.1 Kontraktor

Penyedia jasa (kontraktor) dikelompokkan menjadi empat: pertama yaitu golongan kecil dua yakni penyedia baru atau yang kurang pengalaman, dapat melaksanakan pekerjaan sampai dengan empat ratus juta rupiah; kedua yaitu golongan kecil satu yakni penyedia jasa yang dapat melaksanakan pekerjaan diatas empat ratus juta rupiah sampai dengan satu milyar rupiah; ketiga yaitu golongan menengah yakni penyedia jasa yang dapat melaksanakan pekerjaan satu milyar rupiah sampai dengan sepuluh milyar rupiahdengan memperhatikan kemampuan

dasarnya; keempat golongan besar yakni penyedia jasa yang dapat melaksanakan pekerjaan diatas sepuluh milyar rupiah dengan memperrhatikan kemampuan dasarnya (Keppres RI 18, 2000). Kontraktor memfokuskan diri pada aktivitas yang merupakan keahlian utamanya, dan menyerahkan aktivitas pendukung pada pihak-pihak lain di luar perusahaannya. Keterlibatan berbagai kontraktor spesialis, subkontraktor, *supplier*, bahkan industri manufaktur dalam suatu rangkaian proses konstruksi, menunjukkan terpecah-pecahnya suatu proyek konstruksi ke dalam beberapa paket pekerjaan yang dilaksanakan oleh berbagai pihak yang berbeda (Capo dkk, 2004).

1.1.3.2 Subkontraktor

Subkontraktor merupakan kontraktor yang mendapat pekerjaan dari kontraktor utama berupa pekerjaan-pekerjaan konstruksi khusus, misalnya subkontraktor pondasi bor *pile* (Ervianto, 2002). Sebagai pihak ketiga yang dilibatkan oleh pihak kontraktor utama untuk melaksanakan kewajiban - kewajiban tertentu yang terbit dari kontrak konstruksi antara pihak kontraktor utama dengan pihak *bouwheer*, pekerjaan mana dilakukan oleh subkontraktor untuk dan atas nama pihak kontraktor utama. Yang menjadi alasan yuridis mengapa akhirnya diperlukan pihak subkontraktor tersebut antara lain tetapi tidak terbatas pada *man power*, *expertise*, dana, keterbatasan peralatan. Seringkali terdapat peraturan atau *policy* yang mengharuskan pihak kontraktor menggunakan kontraktor lokal atau kontraktor kecil untuk melaksanakan pekerjaan tertentu. Dalam hal ini mereka akan bertindak sebagai subkontraktor (Fuady, 1998).

1.1.3.3 Hubungan Kontraktor dengan Subkontraktor

Penyedia jasa dalam penyelenggaraan pekerjaan konsruksi dapat menggunakan sub penyedia jasa yang mempunyai keahlian khusus sesuai dengan masing-masing tahapan pekerjaan konstruksi (UU RI No.18, 1999). Dan salah satu cara untuk meningkatkan kinerja dalam proses pembangunan; dapat menciptakan sinergi dan memaksimalkan efektivitas sumber daya masing-masing yang terlibat (Barlow dkk, 1997). Dan menurut Wood and Ellis (2005), bermitra tidak hanya

dapat meningkatkan kinerja proyek, akan tetapi juga bermanfaat langsung bagi seluruh rantai pasokan (Paek dkk, 2008).

2.1.4 Pemilihan subkontraktor

Kriteria pemilihan subkontraktor menurut Yanchyuan dkk (2006), adalah kualitas konstruksi, pengontrolan terhadap hasil kerja, sistem koordinasi di proyek, modal, cara pembayaran, sejarah perbankan, pengalaman berhubungan dengan tuntutan atau klaim dan frekuensi kegagalan dalam memenuhi kontrak tepat waktu. Sedangkan menurut Lavelle dan Derek dkk (2007), kriteria-kriteria yang digunakan untuk memilih subkontraktor adalah harga penawaran, kinerja masa lalu, catatan keselamatan dan kesehatan kerja, kemampuan keuangan, pekerjaan yang dikerjakan saat ini, reputasi perusahaan, sumber daya manusia, sumber daya peralatan dan perlengkapan, kemampuan teknis dan usia perusahaan. Dan kriteria lain, menurut Perpres No. 54 (2010) dan Permen PU No. 43 (2007)", dapat dikelompokkan ke dalam enam kelompok aspek yaitu : aspek umum, aspek finansial, aspek teknis, aspek manajerial, aspek keselamatan kerja dan aspek reputasi perusahaan

Proses pemilihan subkontraktor hampir sama dengan kontraktor, dengan penekanan pada beberapa aspek karena jenis pekerjaan yang spesifik/spesialisasi, dan lingkup atau volumenya yang terbatas. Untuk itu pada evaluasi teknis hendaknya dikaji dan diteliti kemampuan dan pengalaman personil serta tenaga ahli yang tersedia. Begitu pula kondisi peralatan yang direncanakan akan digunakan. Setelah hal tersebut meyakinkan, maka mulai dilakukan evaluasi proposal harga. Lebih dari pada waktu pemilihan kontraktor utama, dalam mengevaluasi proposal harga. Lebih dari pada waktu pemilihan kontraktor utama, dalam mengevaluasi proposal dari subkontraktor perlu disiapkan anggaran pembanding. Oleh karena lingkup pekerjaan yang tidak begitu besar, maka ada selisih yang substansial antara angka proposal dan pembanding akan dapat ditelusuri sebab-sebabnya dan dibicarakan sewaktu negosiasi (Soeharto, 2001).

2.1.5 Strategi subkontraktor

Strategi subkontrak berdasarkan pada strategi bisnis dari kontraktor utama, dan tingkat manajerial menentukan arah dan evaluasi subkontraktor dan sistem

manajemen. *Associated General Contractors of America, Construction Industry Institute* (1991), Sanders dan Moore (1992), *Reading Construction Forum* (1995), Matthews (1996), dan Watson (1999) telah mengemukakan, bahwa sebagian besar keberhasilan kemitraan telah didasarkan pada dedikasi untuk tujuan bersama, misalnya memproyeksikan *win – win relationship* sebagai objektif antara peserta proyek. Sedangkan Bennett dan Jayes (1998), mengembangkan strategi mutakhir untuk menciptakan *win – win relationship* berdasarkan kemauan untuk mengembangkan performa hubungan bersama dan menampilkan potensi penghematan yang luar biasa 40-50% dalam biaya dan waktu. Sebaliknya Wood dan Ellis (2005), menggambarkan industri konstruksi yang beroperasi dengan *margin* keuntungan yang rendah. Objektif konflik masing-masing kejadian dan risiko yang ditekankan kebawah dari hirarki ke klien kontraktor utama untuk saling menguntungkan (*win-win*). Oleh karena itu, strategi untuk evaluasi subkontraktor dan manajemen harus sistematis dengan tujuan praktis situasi *win – win* berdasarkan kemitraan jangka panjang (Paek dkk, 2008).

2.2 Dasar teori

2.2.1 Teori Permainan

Teori Permainan adalah teori matematis yang membahas ciri umum situasi kompetitif secara formal dan abstrak (Hillier dan Lieberman 1995); merupakan teori yang menggunakan pendekatan matematis dalam merumuskan suatu situasi persaingan dan konflik antar berbagai kepentingan dengan tujuan untuk menganalisis proses pengambilan keputusan dari persaingan yang berbeda dan melibatkan dua atau lebih pemain (Zulfikarijah 2004); studi yang saling ketergantungan yang mempelajari interaksi antara sekelompok pemain yang membuat pilihan rasional berdasarkan analisis strategis apa yang mungkin dilakukan kelompok lain (Dutta dan Prayit 1999); sebuah alat analisis yang dirancang untuk membantu memahami fenomena yang diamati ketika ada interaksi dalam pengambilan keputusan (Osborne dan Rubinstein 1994).

Secara umum *game theory* dapat didefinisikan sebagai pendekatan terhadap kemungkinan strategi yang akan dipakai, yang disusun secara matematis agar bisa diterima secara logis dan rasional. Serta digunakan untuk mencari strategi terbaik

dalam suatu aktivitas, dimana setiap pemain didalamnya sama - sama mencapai utilitas tertinggi. Teori ini menyediakan suatu bahasa untuk menformulasikan, menstrukturkan, menganalisa dan mengerti skenario strategi serta digunakan untuk pemilihan strategi. *Game theory* bertujuan memodelkan suatu situasi interaksi sebagai suatu permainan dengan tujuan untuk mendapatkan solusi yang adil dimana pihak yang berkontribusi lebih besar akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar pula. Hal ini mengarahkan kepada keterlibatan beberapa aspek seperti pemain, informasi, pilihan strategi yang dapat dilakukan, dan sekaligus bagaimana hal ini mempengaruhi pendapatan yang akan diterima (Zulfakarijah 2004). Teori ini dikembangkan untuk menganalisis proses pengambilan keputusan yaitu strategi optimum dari situasi-situasi persaingan yang berbeda-beda dan melibatkan dua atau lebih kepentingan (Kartono, 1994).

Ide dasar dari *game theory* adalah tingkah laku strategis dari pemain atau pengambil keputusan. Setiap pemain diasumsikan mempunyai suatu seri rencana atau model darimana pemain dapat memilih. Sedangkan permainan diartikan sebagai gerakan khusus yang harus dipilih dari himpunan strategi yang ada. Anggapannya bahwa setiap pemain mempunyai kemampuan untuk mengambil keputusan secara bebas dan rasional. Oleh sebab itu teori ini bukanlah cara untuk mendapatkan suatu solusi masalah yang tidak tersedia, melainkan mendorong pemikiran strategis yang ditujukan untuk memecahkan masalah keputusan (Aplak dan Sogut, 2013).

Langkah pertama dalam menggunakan *game theory* adalah menentukan para pemain (player), strategi-strategi dan juga menentukan preferensi serta reaksi dari setiap pemain. Adapun elemen-elemen pada pemodelan pada *game theory* adalah sebagai berikut :

- a) *Player* (pemain), adalah individu yang mengambil keputusan.
- b) *Action/Move* (langkah/aksi), adalah suatu pilihan yang dibuat.
- c) *Payoff*, adalah suatu imbalan yang didapatkan atau ekspektasi ketika langkah langkah yang direncanakan telah dijalankan oleh pemain tersebut dan pemain lainnya.
- d) Angka-angka dalam matriks *payoff* atau bisa disebut matriks permainan, menunjukan hasil-hasil (*payoff*) dari strategi strategi permainan yang

berbeda-beda, hasil-hasil ini dinyatakan dalam suatu bentuk ukuran efektifitas seperti uang, persentase market share atau utilitas.

- e) *Maximizing player* adalah pemain yang berada di baris dan yang memenangkan/memperoleh keuntungan permainan, sedangkan *minimizing player* adalah pemain yang berada di kolom dan yang menderita kekalahan/kerugian.
- f) Strategi permainan adalah rangkaian kegiatan atau rencana yang menyeluruh dari seorang pemain, sebagai reaksi atas perilaku pesaingnya. Dalam hal ini, strategi atau rencana tidak dapat dirusak oleh pesaing lainnya.
- g) Aturan-aturan permainan adalah pola dimana para pemain memilih strategi mereka.
- h) Nilai permainan adalah hasil *payoff* yang diperkirakan oleh pemain sepanjang rangkaian permainan dimana masing-masing pemain menggunakan strategi terbaiknya. Permainan dikatakan adil apabila nilai permainan sama dengan nol dan sebaliknya.
- i) Dominan adalah kondisi dimana pemain dengan setiap *payoff* nya dalam strategi superior terhadap setiap *payoff* yang berhubungan dalam suatu strategi alternative. Aturan dominan digunakan untuk mengurangi ukuran matriks *payoff* dan upaya perhitungan.
- j) Strategi optimal adalah kondisi dimana dalam rangkaian kegiatan permainan seorang pemain berada dalam posisi yang paling menguntungkan tanpa menghiraukan kondisi pesaingnya.
- k) Information, adalah fakta dari berbagai variabel yang didapatkan oleh pemain pada setiap titik berlangsungnya permainan.
- l) Tujuan dari model adalah mengidentifikasi strategi atau rencana optimal untuk setiap pemain.

Misalnya para manajer pemasaran bersaing dalam memperebutkan bagian pasar. Kontrak dan program tawar - menawar serta keputusan-keputusan penetapan harga adalah contoh penggunaan teori permainan yang semakin meluas. Beberapa unsur dasar dalam pemecahan setiap kasus dengan teori permainan, dimana matriks *payoff* nya ditunjukkan dalam tabel 2.2.

Angka-angka dalam matriks *payoff* (matriks permainan) menunjukkan hasil-hasil atau *payoff* dari strategi-strategi permainan yang berbeda-beda, dimana hasil-hasil merupakan ukuran efektivitas. Bilangan positif menunjukkan keuntungan bagi pemain baris dan kerugian bagi pemain kolom. X_i dan Y_j merupakan alternatif strategi-strategi yang dimiliki oleh masing-masing pemain I dan II.

Berdasarkan jumlah pemain, permainan dapat diklasifikasikan menjadi *two person game* (permainan yang diikuti oleh pihak atau sepasang permainan) dan *N-person game* (permainan yang diikuti oleh lebih dari dua pihak atau permainan berjumlah N, dengan N lebih dari dua).

Tabel 2.2 *Matrix Payoff*

		Pemain II			
		Y1	Y2	...	Yn
Pemain I	PI				
	X1	a11	a12	...	a1n
	X2	a21	a22	...	a2n
	⋮	⋮	⋮	...	⋮
	Xm	am1	an2	...	amn

Beberapa elemen tersebut kemudian dikombinasikan dan diidentifikasi sebagai aturan-aturan permainan (*rules of the game*). Dari aturan-aturan ini, pemodel bisa mendapatkan gambaran apa yang akan terjadi, karena tiap pemain akan memaksimalkan *payoff* nya melalui perencanaan langkah (*action*) atau disebut dengan strategi.

Adapun ide dan konsep game theory ini bertujuan untuk beberapa hal berikut :

- Mengembangkan suatu kerangka untuk analisis pengambilan keputusan dalam situasi-situasi persaingan.
- Menguraikan suatu metode kuantitatif yang sistematis yang memungkinkan para pemain yang terlibat persaingan untuk memilih strategi-strategi yang rasional dalam pencapaian tujuan mereka.
- Memberikan gambaran dan penjelasan situasi-situasi persaingan atau konflik, seperti tawar-menawar dan perumusan koalisi.

Neumann dan Morgenstern (2004), permainan terdiri atas sekumpulan peraturan yang membangun situasi bersaing dari dua sampai beberapa orang atau kelompok dengan memilih strategi yang dibangun untuk memaksimalkan kemenangan sendiri atau pun untuk meminimalkan kemenangan lawan. Jenis *game theory* ada dua, yakni *cooperative* dan *non cooperative*. *Cooperative game theory* merupakan penggabungan komitmen bersama dengan memperhatikan besar kekuatan relatif yang dimiliki oleh para pemain. Sedangkan *non cooperative game theory* yang berarti salah satu di mana pemain membuat keputusan secara independen yang dicirikan dengan tidak adanya komitmen tertentu antar pemainnya. Sebelum menyelesaikan masalah *game theory* menggunakan salah satu metode *game theory*, diidentifikasi terlebih dahulu berdasarkan jumlah pemain, jumlah keuntungan dan kerugian atau yang biasa disebut nilai permainan serta jenis strategi yang digunakan. Adapun klasifikasi model *game theory* berdasarkan jumlah pemain terbagi menjadi dua jenis, yaitu *two person games* dan *N person games*. *Two person games* jumlah pemain terdiri dari dua orang, sedangkan *N person games* jumlah pemainnya lebih dari dua orang ($N > 2$). Berdasarkan jumlah keuntungan dan kerugian dikenal dua jenis *games*, yaitu *zero sum games* dan *non zero sum games*. Nilai permainan pada *zero sum games* adalah nol, sedangkan *non zero sum games* nilai permainannya tidak sama dengan nol. Sedangkan identifikasi berdasarkan jenis strategi permainan, terdapat dua jenis yang dapat digunakan yaitu *pure strategy* (setiap pemain menggunakan strategi tunggal) dan *mixed strategy* (setiap pemain menggunakan campuran dari berbagai strategi yang berbeda-beda). *Pure strategy* digunakan untuk jenis permainan yang hasil optimalnya mempunyai *saddle point* (semacam titik keseimbangan antara nilai permainan kedua pemain). Sedangkan *mixed strategy* digunakan untuk mencari solusi optimal dari kasus *game theory* yang tidak mempunyai *saddle point*.

2.2.1.1 Nash Equilibrium

Keseimbangan adalah strategi dominan bagi pemain ke- i jika $u(s_i) \geq u(s_j)$, dengan $u(s_i)$ dan $u(s_j)$ adalah perolehan dari strategi s_i dan $s_j \neq$ dimana i dan j untuk semua $s \in S$. Dalam setiap permainan, setiap pemain akan selalu menggunakan dominan karena sifat rasional yang diasumsikan pada setiap pemain. Tetapi dalam

beberapa permainan, tidak terdapat strategi dominan sehingga pemain harus mencari strategi lain untuk memaksimumkan perolehannya. Dengan menggunakan *mixed-strategy* seorang pemain dapat menentukan strategi yang akan digunakannya dengan cara memilih strategi yang akan digunakannya dengan suatu distribusi peluang sehingga strategi yang akan digunakan bukan bersifat deterministik tetapi bersifat stokastik. Dengan menggunakan *mixed-strategy* komposisi strategi yang akan digunakan oleh pemain adalah berupa himpunan pasangan berurut distribusi-distribusi peluang yang akan digunakan oleh setiap pemain.

Definisi lain tentang keseimbangan Nash adalah kondisi dimana strategi-strategi yang digunakan oleh setiap pemain adalah strategi yang optimal baginya jika diberikan strategi pemain lainnya dalam permainan tersebut dimana setiap pemain tidak dapat meningkatkan hasil perolehannya dengan menggantikan strateginya.

Keseimbangan Nash menurut John Nash adalah jika ada serangkaian strategi untuk sebuah permainan dimana tidak ada pemain yang bisa beruntung dengan mengubah strateginya sedangkan pemain lain mempertahankan strateginya tidak berubah, maka serangkaian strategi tersebut dan perimbangan (*payoff*) yang koresponden membentuk keseimbangan Nash. Definisi lain tentang keseimbangan Nash adalah kondisi dimana strategi – strategi yang digunakan oleh setiap pemain adalah strategi yang optimal baginya jika diberikan strategi pemain lainnya dalam permainan tersebut dimana setiap pemain tidak dapat meningkatkan hasil perolehannya dengan menggantikan strateginya (Sinaga, 2011).

Definisi formal, Diberikan (S, f) sebagai permainan dengan pemain n , dimana S_i adalah strategi yang ditetapkan untuk pemain i , $S = S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n$ adalah himpunan profil strategi dan $f = (f_1(x), \dots, f_n(x))$ adalah fungsi *payoff* untuk $x \in S$. Diberikan X_i kedalam profil strategi pemain i dan X_{-i} menjadi profil strategi semua pemain kecuali pemain i . Ketika setiap pemain $i \in \{1, \dots, n\}$ memilih strategi X_i menghasilkan profil strategi $X = (X_1, \dots, X_n)$ maka pemain i memperoleh *payoff* $f_i(x)$. Perhatikan bahwa hasil tergantung pada profil strategi yang dipilih, yaitu, pada strategi yang dipilih oleh pemain i serta strategi yang dipilih oleh semua pemain lain. Profil strategi $x^* \in S$ adalah ekuilibrium Nash (NE) jika ada

penyimpangan unilateral dalam strategi oleh pemain tunggal menguntungkan untuk pemain itu, yaitu

$$\forall i, X_i \in S_i : f_i(X_i^*, X_{-i}^*) \geq f_i(X_i, X_{-i}^*)$$

Ketika ketidaksetaraan di atas bertahan dengan kuat (*strictly*) (*with > instead of \geq*) untuk semua pemain dan semua strategi alternatif yang layak, maka keseimbangan diklasifikasikan sebagai Nash ekuilibrium yang ketat (*strictly*). Jika sebaliknya, untuk beberapa pemain, ada kesetaraan yang persis (tepat) antara X_i^* dan beberapa strategi lain dalam himpunan S , maka keseimbangan diklasifikasikan sebagai lemah (*weak*) ekuilibrium Nash.

Di dalam Prajit (1999), Nash ekuilibrium dijelaskan bahwa, jika anda memiliki strategi b itu adalah terdominasi dari strategi yang lain, disebut si α . Kita telah melihat sesuatu itu adalah suatu ide bagus yang tidak pernah untuk b bermain karena tidak ada perihal apapun juga suatu pemain lain lakukan, kamu selalu dapat lakukan yang terbaik dengan α . Sekiranya sekarang kenyataannya anda memiliki beberapa ide tentang sesuatu niat pemain yang lain. Pada kasus itu, kamu akan memilih tersedia sesuatu itu dilakukan baik dari pada diberikan b apa yang sesuatu pemain lain yang lakukan itu. Anda tidak, dalam kata lain, diperlukan untuk tau itu melaksanakan sesuatu baik daripada b melawan terhadap semua strategi dari pemain lain; anda memerlukan simpel untuk tau itu melaksanakan perlawanan baik sesuatu strategi spesifik dari lawan anda. Tentu saja, sesuatu yang disebut sebagai sesuatu respon perlawanan yang baik dari pemain lain dari strategi yang dikenali jika itu dilakukan baik daripada dimiliki dari strategi lain anda yang ini strategi dikenali.

Secara khusus anda akan tidak mengerti kenyataannya apa yang dari pemain lain niatkan untuk dilakukan; saat baik anda akan memiliki terkaan tentang strategi pilihannya. Sesuatu logika yang sama diaplikasikan, bagaimanapun; apa anda sesungguhnya peduli tentang bagaimana melaksanakan saling berhadapan- hadapan b atau ada strategi yang lain pada perihal itu dimana pemain melakukan perlawanan terkaan anda tentang strategi miik lawan anda. Itu hanya dibayarkan untuk main suatu respon perlawanan terbaik strategi itu yang anda percaya lawan anda yang bagaimana untuk bermain.

Tentu saja, kekuatan terkaan anda begitu kuat! Dan selanjutnya anda akan menjadi takbahagia, dan anda lakukan akan tergantikan apa yang telah anda lakukan. Tetapi sekiranya lawan anda terduga kebenarannya, dan setiap respon bermain anda yang terbaik untuk terkaan anda. Dalam kasus itu, anda tidak akan memiliki alasan untuk lakukan sesuatu yang lain jika anda telah lakukan lagi pada itu semua. Pada kasus itu, anda akan dalam suatu Nash Ekuilibrium.

Definisi, suatu strategi S_i^* adalah respon terbaik untuk suatu strategi vektor S_{-i}^* dari suatu pemain yang lain jika [sebagaimana biasa S_{-i}^* merujuk pada strategi pilihann dari semua pemian lain daripada pemain i , selagi S_i^* adalah strategi dari pemain i , dalam kata lain S_{-i}^* adalah suatu daftar dari strategi pilihan;

$S_{-i}^* = S_1^*, S_2^*, \dots, S_{i-1}^*, S_{i+1}^*, \dots, S_N^*$, dimana, untuk contoh, S_2^* adalah strategi pilihan dari pemain 2] .

$\pi(S_i^*, S_{-i}^*) \geq \pi_i(S_i^*, S_{-i}^*)$, untuk semua S_i dalam kata lain S_i^* adalah strategi dominan dalam suatu kurang rasa yang itu adalah strategi terbaik untuk disediakan bermain pemain lain melakukan dalam permainan nyata kombinasi strategi S_{-i}^* . Kita memerlukan suatu kondisi untuk memastikan itu pemain i adalah sesuai dalam dugaan itu pemain lain adalah akan bermain S_{-i}^* . Dan demikian juga, yang pemain lain adalah sesuai dalam dugaan mereka. Ini analisa kita diberikan difinisi yang berikut:

Definisi, strategi vektor $S^* = S_1^*, S_2^*, \dots, S_N$ adalah Nash Ekuilibrium jika $\pi(S_i^*, S_{-i}^*) \geq \pi_i(S_i^*, S_{-i}^*)$, untuk semua S_i dan semua i , persamaan setiap pemain i , dalam memainkan S_i^* , adalah memainkan suatu respon terbaik untuk strategi pilihan yang lain. Ini satu kondisi meliputi dua kebutuhan dari Nash ekulibrium itu adalah dengan tidak sengaja didiskusikan lebih awal:

- Setiap pemain harus bermain yang respon perlawanan terbaik dari dugaan
- Suatu dugaan harus sesuai.

Itu meliputi suatu keperluan pertama karena S_i^* adalah respon perlawanan terbaik suatu dugaan S_{-i}^* untuk setiap pemain i . Itu meliputi sesuatu kedua tidak pemain memiliki perangsang untuk mengganti strateginya (dari S_i^*). Karenanya, S_i^* adalah stabil dan masing – masing dugaan pemain adalah sesuai.

Mempertimbangkan suatu kasus dari dua pemain, 1 dan 2, masing – masing dengan dua strategi, (a^2, b^1) , untuk contoh adalah suatu Nash ekuilibrium jika dan hanya jika,

$$\pi_1(a^1, b^2) \geq \pi_1(a^1, b^1)$$

$$\pi_1(a^1, b^2) \geq \pi_1(a^2, b^2)$$

sebagai contoh tabel 2.3

Di sini, sesuatu respon terbaik dari pemain 1 (suami), untuk bermain bagi F dari 2 (istri) adalah untuk bermain F ; menandakan pilihan ini sebagai $b^1(F) = F$ dan $b^2(O)$.

Sebagai contoh pada, *Battle of Sexes*

Tabel 2.3 Nash ekuilibrium

		Istri	
		Sepakbola(F)	Opera(O)
Suami	Sepakbola (F)	3 , 1	0 , 0
	Opera (O)	0 , 0	1 , 3

(Sumber: Prajit 1999)

2.2.1.2 Permainan Dengan Strategi Murni (*Pure strategy Game*)

Strategi murni adalah strategi dimana setiap pemainnya hanya mempunyai tepat satu strategi atau langkah yang terbaik. (Kurdhi 2013)

P1 : Pemain I (pemain baris), yaitu pemain yang berusaha memaksimumkan kemenangan (keuntungan) yang minimum, sehingga kriteria strategi optimum adalah kriteria *maximin*.

P2 : Pemain II (pemain kolom), yaitu pemain yang berusaha meminimumkan kekalahan (kerugian) yang maksimum, sehingga kriteria strategi optimumnya adalah kriteria *minimax*

Apabila *maximin* = *minimax*, maka permainan ini dapat diselesaikan dengan strategi murni, dimana titik keseimbangan (equilibrium point) telah tercapai. Titik

keseimbangan ini dikenal sebagai titik pelana (*saddle point*). Jika dalam matriks *payoff* (α_{ij}) sedemikian sehingga berlaku :

$$\max_i \min_j (\alpha_{ij}) = \min_j \max_i (\alpha_{ij}) = \alpha_{rs}$$

maka matriks *payoff* tersebut dikatakan mempunyai titik pelana pada (r,s) dan elemen α_{rs} merupakan nilai permainan yang bersesuaian dengan strategi optimum bagi pemain pertama (P1), yaitu $i = r$ dan strategi optimum bagi pemain kedua (P2), yaitu $j = s$.

Jika persamaan tidak terpenuhi, maka permainan dengan matriks *payoff* tersebut tidak memiliki titik pelana dan harus diselesaikan strategi campuran (*mixed strategy*).

Dalam permainan berjumlah nol dari dua orang, pilihan strategi oleh masing-masing pemain merupakan titik ekuilibrium jika tidak ada pemain yang dapat meningkatkan pembayaran dengan mengganti strategi secara sepihak.

Jadi, titik pelana (*saddle point*) dapat dipandang sebagai titik ekuilibrium (equilibrium point) jika tidak ada pemain yang mendapatkan tambahan pembayaran dengan mengganti strateginya secara sepihak.

Semisal, Dua perusahaan A dan B, menjual dua jenis obat flu. Perusahaan A mengadakan promosi produknya melalui radio (A1), televisi (A2), dan surat kabar (A3). Perusahaan B, selain melalui radio (B1), televisi (B2), dan surat kabar (B3), juga menggunakan brosur (B4) untuk mempromosikan produk miliknya. Berdasarkan tingkat efektifitas dari masing-masing media promosi di atas, salah satu perusahaan dapat merebut proporsi pasar dari perusahaan lain. Matriks pembayaran berikut (tabel 2.3) merepresentasikan persentase pasar yang direbut atau hilang oleh perusahaan A. Seperti tabel 2.4.

Solusi dari permainan pada tabel 2.4 berdasarkan pada prinsip "*the best of the worst*" (pilihan terbaik dari yang terburuk) untuk setiap pemain.

- Jika perusahaan A memilih strategi A1, maka tanpa memperhatikan strategi pilihan B, kondisi terburuk yang dapat terjadi adalah A kehilangan 3% penguasaan pasar (*market share*) yang pindah ke B. Hal ini direpresentasikan dengan nilai minimum pada baris 1.

Tabel 2.4 Matriks maxmin minmax *pure* strategi

	Pemain P2					min / baris
	i/j	B1	B2	B3	B4	
pemain P1	A1	8	-2	9	-3	-3
	A2	6	5	6	8	5
	A3	-2	4	-9	5	-9
Max/kolom		8	5	9	8	

→ max min

↓
minmax

(Sumber: Kurdhi 2013)

- Kondisi terburuk jika perusahaan A memilih strategi A2 adalah merebut 5% *market share* dari B, sedangkan
- Kondisi terburuk jika perusahaan A memilih strategi A3 adalah kehilangan *market share* sebesar 9% yang pindah ke B.

Hasil ini disusun pada kolom min/baris. Untuk mencapai prinsip *the best of the worst*, perusahaan A harus memilih strategi A2, yang berkorespondensi dengan nilai maximin, yaitu nilai terbesar pada kolom min/baris.

Selanjutnya, perhatikan strategi-strategi perusahaan B. Karena matriks pembayaran yang diberikan adalah pembayaran untuk perusahaan A, maka prinsip *the best of the worst* untuk perusahaan B berkebalikan dengan perusahaan A, yaitu bersesuaian dengan kriteria minimax. Sehingga perusahaan B harus memilih strategi B2. Solusi optimal dari permainan di atas diperoleh dengan memilih strategi A2 dan B2, yaitu kedua perusahaan harus memilih televisi sebagai media promosi. Pada kondisi ini, *market share* dari perusahaan A meningkat sebesar 5%. Pada kasus ini, nilai permainan adalah 5%, dan perusahaan A dan B menggunakan solusi titik pelana (*saddle-point solution*).

Dengan solusi titik pelana, dapat menghindarkan pemilihan strategi yang lebih baik bagi perusahaan lain. Dalam permainan berjumlah nol dari dua orang, pilihan strategi oleh masing-masing pemain merupakan titik ekuilibrium jika tidak ada pemain yang dapat meningkatkan pembayaran dengan mengganti strategi secara sepihak.

- Jika perusahaan B memilih strategi lain (B1, B3, atau B4), perusahaan A dapat bertahan menggunakan strategi A2, yang mengakibatkan perusahaan B akan semakin kehilangan *market share* (6% atau 8%).
- Dengan kondisi yang sama, perusahaan A tidak mau menggunakan strategi lain, karena jika A memilih strategi A3, B dapat berpindah strategi B3 untuk merebut *market share* 9% dari A.

Demikian juga jika A memilih strategi A1, B dapat berpindah ke strategi B4 untuk meningkatkan *market share* sebesar 3%.

2.2.1.3 Permainan Dengan *Mixed* Strategi

Strategi campuran digunakan dalam permainan jika dalam kriteria maksimin – minimaks tidak ditemukan titik keseimbangan atau titik pelana. Suatu permainan yang diselesaikan dengan strategi campuran, strategi dari setiap pemain akan mempunyai probabilitas yang menunjukkan proporsi waktu atau banyaknya bagian yang dipergunakan untuk melakukan strategi tersebut. Jadi tugas dari setiap pemain adalah menentukan proporsi waktu (probabilitas) yang diperlukan untuk memainkan strateginya.

Beberapa definisi yang berkaitan dengan strategi campuran sebagai berikut :
(Kartono 1994)

Definisi 1 : Diberikan suatu matriks pembayaran berukuran $n \times m$ dengan pemain P_1 mempunyai n strategi i ; $i = 1, 2, \dots, n$ dan pemain P_2 mempunyai m strategi j ; $j = 1, 2, \dots, m$. dimana :

x_i = probabilitas pemain I memilih strategi ke i .

y_j = probabilitas pemain II memilih strategi ke j .

a_{ij} = nilai pembayaran dalam matriks *payoff* (a_{ij}) yang bersesuaian dengan strategi ke- i untuk pemain dan strategi ke- j untuk pemain

Definisi 2 : Vektor $x = (x_i)$; $i = 1, 2, \dots, n$ dari bilangan tak negatif x_i dan $\sum_{i=1}^n x_i = 1$ adalah strategi campuran bagi pemain I. Vektor $y = (y_j)$; $j = 1, 2, \dots, m$ dari bilangan tak negatif dan $\sum_{j=1}^m y_j = 1$ adalah strategi campuran bagi pemain kedua.

Berdasarkan definisi tersebut, maka probabilitas ; $i = 1, 2, \dots, m$ menyusun strategi optimum bagi pemain dan probabilitas ; $j = 1, 2, \dots, n$ menyusun strategi optimum bagi pemain .

Definisi 3 : Nilai harapan matematis atau fungsi *payoff* $E(X,Y)$ bagi pemain dengan matriks *payoff* $A = (a_{ij})$ didefinisikan sebagai:

$$E(X,Y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i a_{ij} y_j = XAY$$

Dimana, $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ = vektor baris yang merupakan strategi campuran bagi pemain dan $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$ = vektor kolom yang merupakan strategi campuran bagi pemain P_2 . Menurut definisi ini, pemain P_1 seharusnya memilih X sehingga dapat memaksimumkan nilai harapannya yang terkecil dan pemain P_2 seharusnya memilih Y sehingga dapat meminimumkan nilai harapannya yang terbesar. Dengan demikian pemain P_1 menuju pada $\max_x \min_y E(X,Y)$ dan pemain P_2 menuju pada $\min_y \max_x E(X,Y)$.

Definisi 4 : Jika $\max_x \min_y E(X,Y) = \min_y \max_x E(X,Y) = E(X_0,Y_0)$ maka (X_0,Y_0) didefinisikan sebagai strategi murni dari permainan itu dengan sebagai strategi optimum bagi pemain P_1 dan Y_0 sebagai strategi optimum bagi pemain P_2 dan $E(X_0,Y_0)$ merupakan nilai permainan.

Langkah-langkah dalam teori permainan adalah pertama, membuat tabel / matriks permainan, Mencari nilai terkecil pada setiap baris yang dipilih *payoff* dengan nilai terkecil diantara *payoff* yang ada; kedua, mencari nilai terbesar pada setiap kolom yang dipilih *payoff* dengan nilai terbesar diantara *payoff* yang ada; ketiga, menentukan nilai maksimin, yaitu nilai maksimum dari nilai minimum pada minimum baris; keempat, menentukan nilai minimaks, yaitu nilai minimum dari nilai maksimum pada maksimum kolom; kelima, uji optimisasi, yaitu melakukan pemeriksaan apakah nilai maksimum sudah sama dengan nilai minimal. Jika sudah maka telah didapat strategi optimal artinya persoalan selesai dengan menggunakan strategi murni. Namun, jika nilai maksimin dan minimaks tidak sama maka strategi belum optimal sehingga persoalan dilanjutkan dengan menggunakan strategi campuran. Untuk menyelesaikan suatu permainan berjumlah nol dari dua pemain dengan strategi campuran dapat digunakan dengan metode Program Linier.

Kita telah melihat bahwa Nash kesetimbangan adalah hasil kemungkinan permainan. Tapi apa yang terjadi dalam permainan tanpa Nash *equilibrium* dalam strategi murni? Bahkan permainan yang sangat sederhana seperti bermain sut batu-gunting-kertas yang tidak memiliki keseimbangan Nash tersebut. Sedangkan pada game dengan murni pemain kesetimbangan Nash bahkan mengkomunikasikan

strategi mereka untuk pemain lain sebelum pertandingan, sut di batu-gunting-kertas sangat penting untuk meninggalkan lawan dalam ketidaktahuan tentang apa yang Anda rencanakan. Anda ingin mengejutkan lawan, dan seperti kejutan yang terbaik dicapai dengan mengejutkan sendiri. Hal ini bisa dilakukan dengan mendelegasikan keputusan tentang strategi ke perangkat acak. Ini pada dasarnya adalah gagasan strategi campuran. (Prisner E. 2007)

Contoh (pada tabel 2.5) untuk strategi campuran sut batu-gunting-kertas adalah bermain "batu", "gunting", atau "kertas" dengan probabilitas 50%, 25%, atau 25%, masing-masing. Sebelum pertandingan dimainkan, pemain memutuskan secara acak, berdasarkan probabilitas yang menggunakan strategi murni untuk digunakan. Strategi murni juga dapat dilihat sebagai strategi campuran di mana salah satu strategi yang dipilih dengan probabilitas 100% dan lain-lain dengan probabilitas 0%.

Jika kita menambahkan disebutkan di atas strategi campuran (batu 50%, gunting 25%, kertas 25%) sebagai pilihan untuk pemain pertama dalam sut batu-gunting-kertas, maka hadiah yang diharapkan untuk pemain 1 melawan pemain 2 yang strategi murni batu, gunting, kertas, masing-masing 0, 0,25, -0,25.

Jika pemain pertama, Ann, memainkan strategi campuran dan Beth memainkan Gunting, kemudian dengan probabilitas 50% akan ada tie batu versus batu, dengan probabilitas 25% Beth akan menang (Beth batu melawan Ann gunting), dan dengan probabilitas 25% Ann akan menunjukkan kertas dan menang melawan Beth batu.

Tabel 2.5 Matriks strategi campuran pemain 1

		Beth		
		Batu	Gunting	Kertas
Ann	Batu	0	1	-1
	Gunting	-1	0	1
	Kertas	1	-1	0
	50-25-25 campuran	0	0.25	-0.25

(Sumber: Prisner E. 2007)

Dengan demikian hasil yang diharapkan untuk Ann ketika bermain strategi ini dicampur terhadap Beth batu sama $(50\% \times 0) + (25\% \times (-1)) + (25\% \cdot 1) = 0$. Dengan demikian nilai-nilai di baris keempat nilai dari nilai-nilai yang sesuai

diharapkan baris lain dan kolom yang sama, menggunakan probabilitas campuran. Misalnya, nilai kedua di baris keempat adalah $(50\% \times 1) + (25\% \times 0) + (25\% \times (-1)) = 0,25$, dan yang ketiga $(50\% \times (-1)) + (25\% \times 1) + (25\% \times 0) = -0,25$. Meskipun strategi ini campuran baru tidak mendominasi salah satu strategi murni, strategi campuran baru ditambahkan mungkin menarik bagi pemain bertujuan strategi maximin karena menjamin hasil dari -0,25 dibandingkan dengan -1 yang lain tiga kasus.

Tentu saja, pemain lain Beth juga berhak atas strategi campuran. Kami terasumsi bahwa Beth memilih campuran 25% batu, gunting 50%, kertas 25%. Memasukkan 25-50-25 campuran ini sebagai salah satu dari pilihan Beth, kita mendapatkan bimatrix berikut, tabel 2.6.

Nilai-nilai baru dihitung seperti sebelumnya, nilai-nilai yang diharapkan, dengan menggunakan hasil dari baris yang sama, dihitung dengan probabilitas campuran. Misalnya, entri terakhir pada baris pertama dihitung sebagai $(25\% \times 0) + (50\% \times 1) + (25\% \times (-1)) = 0,25$. Bahkan hasil untuk 50-25-25 campuran terhadap 25-50-25 campuran dihitung dengan cara ini, dengan menggunakan nilai baris keempat, $(25\% \times 0) + (50\% \times 0,25) + (25\% \times (-0,25)) = 0,0625$. Mungkin tidak terlalu mengejutkan, strategi campuran Ann, dengan penekanan pada batu, mengalahkan campuran Beth, yang berat pada gunting.

Tabel 2.6 Matriks strategi campuran pemain 1 vs pemain 2

		Beth			
		Batu	Gunting	Kertas	25-50-25 campuran
Ann	Batu	0	1	-1	0.25
	Gunting	-1	0	1	0
	Kertas	1	-1	0	-0.25
	50-25-25 campuran	0	0.25	-0.25	0.0625

(sumber: Prisner E. 2007)

2.2.1.4 Cooperative Game Theory

Menurut Meurer di dalam Anita (2012), *Game Theory* merupakan sebuah metode analisis yang menggunakan konflik kepentingan para pemain, dalam bermain menerapkan strategi perlawanan dan menawarkan teknik memilih. Dimana para

pemain diasumsikan mampu bermain secara *cooperatif* dan rasional antara pemain yang satu dengan yang lainnya, metode yang digunakan ialah metode *shapley value* dan *transferable utility Game*. Dan berikut tahapannya :

○ Shapley value

1. Mengidentifikasi kontribusi marginal untuk masing – masing koalisi , adpaun rumus yang dapat digunakan untuk menghitung kontribusi marginal masing – masing koalisi sebagai berikut

$$Y_i = \sum_{S \in \mathcal{S}} \frac{(|S|-1)!(|N|-|S|)!}{|N|!} [C(S) - C(S - \{i\})], (i \in N)$$

Dimana :

$|N|$ = nilai total dari pemain

$|S|$ = nilai dari pemain dalam koalisi s

$C(S)$ = fungsi biaya untk s-orang koalisi dari pemain

$C((S) - \{i\})$ = fungsi dari kerugian untuk koalisi s-orang dari pemain saat pemain I telah dihapus dari koalisi

2. Merata-rata kontribusi marginal tersebut untuk menentukan hasilnya.

○ *Transferable Utility Game*

Tijs, Driessen dan Opricovic di dalam Anita (2012), menjelaskan tahapan penyelesaian *cooperative game theory* menggunakan τ - *value transferable Utility Game*, yaitu

Step 1 : *The associated game in coalitional form determined by finding the characteristic function v*. Pada tahap ini peneliti menentukan berapa banyak kondisi yang terbentuk dari hasil permainan, dan menganalisis *characteristic function v* masing – masing pemain

Step 2 : *find the utopia vector b^v of game (N,v) sebagai batas atas (upper bound)*.

Pada tahap ini the *utopia payoff* masing – masing pemain pada *grand coalition N* diperoleh dari rumus berikut,

$$b_i^v = v(N) - v(N - \{i\})$$

Dengan :

b_i^v = *utopia vector* masing – masing pemain

$V(N)$ = *characteristic function* pada *Grand coalition*

$V(N\{i\})$ = *characteristic function* pada masing – masing pemain

Step 3 : *find the gap of the coalition S in the game y , denoted by $g^v(S)$* . Nilai *gap coalition* ($g^v(S)$) dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut ,

$$g^v(S) = \sum_{i \in S} b_i^v - v(S)$$

$g^v(S) \geq 0$ untuk semua $S \in 2^N - \{\emptyset\}$, begitu juga dengan $g^v(N) \geq 0$ artinya $\sum_{i=1}^n b_i^v \geq v(N)$

Step 4 : *find the disagreement vector $(b^v - \lambda^v)$ of player i* sebagai batas bawah (*lower bound*). Nilai λ^v dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut, $\lambda_i^v = \min_{s \in S} g^v(s)$ untuk masing – masing $i \in N$

step 5 : *find the compromise value for cooperative game*. Pada tahap ini nilai kompromi dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut,

jika $g^v(N) = 0$, maka τ -value = b^v

jika $g^v(N) > 0$, maka τ -value = $b^v - g^v(N) \cdot u^v$

Nilai u^v dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U^v = (\sum_{j=1}^n \lambda_j)^{-1} \lambda_i^v \text{ untuk semua } i \in N$$

Berikut ini bentuk model *normal form game* antara kedua belah pihak yang masing – masing memiliki dua strategi yang berbeda guna mendapatkan hasil yang memberikan kepuasan dalam bentuk keseimbangan.

Tabel 2.7 Konsekuensi *payoff* pada *game modeling* interaksi dua pihak

		Player B	
		Strategi 1	Strategi 2
Player A	Strategi 1	$\alpha 1, \alpha 2$	$\beta 1, \beta 2$
	Strategi 2	$\gamma 1, \gamma 2$	$\delta 1, \delta 2$

(Sumber : Suciati dan Anita 2011)

2.2.2 Logika Fuzzy

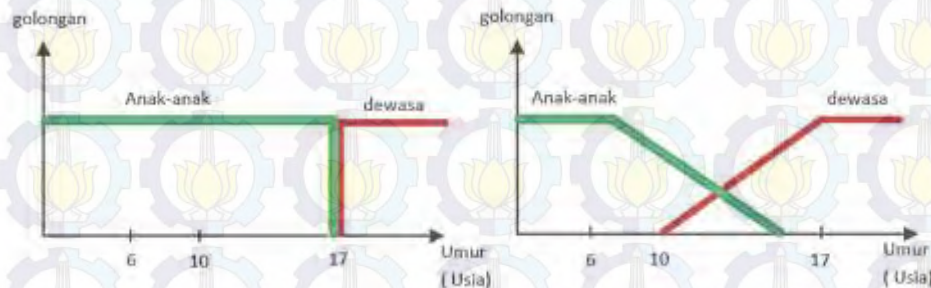
Kusumadewi S. (2002), Pencetus gagasan logika *fuzzy* adalah Prof. L. A. Zadeh (1965) dari California *University*. Pada prinsipnya himpunan *fuzzy* adalah perluasan himpunan *crisp*, yaitu himpunan yang membagi sekelompok individu ke dalam dua kategori, yaitu anggota dan bukan anggota. Sebelum munculnya teori logika *fuzzy* (*fuzzy logic*), dikenal sebuah logika tegas (*crisp logic*) yang memiliki dasar benar atau salah secara tegas. Sebaliknya logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran suatu variabel seperti : 45, 25, 50, dsb.

Alasan informasi linguistik sering direpresentasikan dalam istilah *fuzzy* adalah komunikasi yang dilakukan lebih cocok dan efisien jika dilakukan dalam istilah *fuzzy*, pengetahuan kita tentang suatu hal pada dasarnya adalah *fuzzy*, dan banyak sistem nyata yang terlalu kompleks jika digambarkan dalam istilah *crisp* (tegas). Dimana logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah yang tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Dalam contoh kehidupan, seseorang dikatakan sudah dewasa apabila berumur lebih dari 17 tahun, maka menurut logika tegas (memiliki nilai benar atau salah secara tegas) siapapun yang kurang dari umur tersebut akan dikatakan sebagai tidak dewasa atau anak-anak. Sedangkan dalam hal ini pada logika *fuzzy* umur di bawah 17 tahun dapat saja dikategorikan dewasa tapi tidak penuh, misal untuk umur 16 tahun, 15 tahun, atau 14 tahun. Secara grafik dapat digambarkan pada gambar 2.2.

Gambar 2.2 Perbandingan contoh a) logika tegas dan b) logika *fuzzy* dalam penentuan golongan umur manusia



(Sumber: Kusumadewi S. 2002),

Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan (*Membership function*). Fungsi keanggotaan (*Membership function*) merepresentasikan derajat suatu objek terhadap atribut tertentu, sedangkan pada teori probabilitas lebih pada penggunaan frekuensi *relative* (Ross, 2005). Fungsi keanggotaan (*Membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (yang sering disebut dengan derajat keanggotaan) dengan interval 0 sampai 1.

Beberapa alasan menggunakan logika *fuzzy* antara lain: konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti, konsep matematis yang mendasari sangat sederhana dan mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks, dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, didasarkan pada bahasa alami (Kusumadewi S. dan Purnomo H. 2010).

2.2.2.1 Teori *Fuzzy Set*

Kusumadewi S. dan Purnomo H. (2010), *Fuzzy Set* merupakan pengelompokan sesuatu berdasarkan variabel bahasa (*linguistic variable*), yang dinyatakan dalam fungsi keanggotaan. Di dalam semesta pembicaraan U (*universe of discourse*). Fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy* tersebut bernilai antara 0 sampai dengan 1.

Teori *fuzzy set* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh (1965), telah dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan dimana deskripsi aktivitas, observasi dan penilaian adalah subyektif, tidak pasti dan tidak presisi. Kata “*fuzzy*” umumnya mengarah pada kondisi yang tidak ada batas dari aktivitas dan penilaian yang dapat diartikan secara tepat. Sebagai contoh, kita dapat dengan mudah menggolongkan orang yang berusia 22 tahun kedalam kelas “wanita muda”, sementara itu tidak mudah untuk menentukan apakah wanita yang berusia 35 tahun juga termasuk kedalam kelas tersebut, karena kata “muda” tidak memiliki batasan yang jelas. Sesuatu yang bersifat “*fuzzy*” seperti ini sangat sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti kelas “penting” pada *customer need*, kelas “bagus” untuk mobil, dan sebagainya. Hal ini dapat dipresentasikan dengan baik dengan menggunakan teori *fuzzy*.

Teori *fuzzy set* memberikan sarana untuk mempresentasikan ketidakpastian dan dapat digunakan untuk memodelkan ketidakpastian yang berhubungan dengan kesamaran, ketidakpresisian, dan kekurangan informasi mengenai elemen tertentu dari masalah yang dihadapi.

Teori tentang *fuzzy set* dinyatakan dengan sebuah *subset* A dari semesta X, dimana transisi antara keanggotaan penuh dan bukan anggota lebih bersifat berderajat. Sebuah nilai dalam interval $[0,1]$ mempunyai derajat keanggotaan (μ_x) dari salah satu anggota himpunan *fuzzy* (x) dikatakan bahwa himpunan *fuzzy* dipetakan ke nilai-nilai dalam interval $[0,1]$ oleh fungsi .

Misalkan $x = \{x\}$ merupakan tradisional set objek, misalnya bilangan *real*, yang disebut semesta. Suatu *fuzzy set* pada dinyatakan dengan fungsi keanggotaan $\mu_f(x)$ yang menghubungkan setiap elemen x dengan suatu nilai dalam interval $[0,1]$, dan dinotasikan dengan pasangan set $f = \{(x, \mu(x)), x \in X\}$. Untuk $\mu_f(x) = 0$, x pasti tidak berada di f, jika $\mu_f(x) = 1$ berarti pasti berada pada f. Nilai yang diberikan tersebut menyatakan derajat keanggotaan x dalam f.

2.2.2.2 Pemodelan kerjasama kontraktor – subkontraktor dengan *fuzzy* teori permainan

Belman dan zadeh (1973) merupakan orang pertama yang mempelajari problem pengambilan keputusan di bawah lingkungan kabur (*fuzzy*) dan mereka

mengawali penyelesaian problem pengambilan keputusan dengan pendekatan *fuzzy multicriteria*.

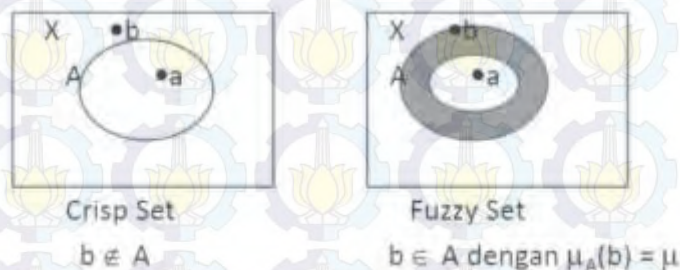
Menurut aouam dalam Rochman, 2006, pengambilan keputusan dalam struktur informasi yang tidak pasti dan kabur kurang tepat bila menggunakan metode matematis yang bersifat *crisp* (tegas), namun diselesaikan dengan model yang menggabungkan teori himpunan *fuzzy* dan unsur – unsur subyektivitas untuk mendapatkan pendekatan keputusan yang lebih tepat dan fleksibel. Metode yang diusulkan dapat dilakukan dengan input yang bersifat *crisp* dan *fuzzy* seperti ditampilkan pada gambar 2.3. ada *crisp set* batas-batas himpunan tegas dan Pada *fuzzy set* batas-batas himpunan kabur. Analisa matematika dengan teori set kekaburan (*fuzzy set theory*) diperlukan untuk mengkuantifikasi tolak ukur kerjasama kontraktor - subkontraktor yang tidak seluruhnya bersifat kuantitatif. Karena persoalan yang berkaitan dalam penentuan besaran nilai kuantitatif murah ataukah mahal dan atau besar ataukah kecil yang kualitatifnya rancu/ samar dalam preferensi setiap individu yang terlibat dalam kerjasama subkontraktor - kontraktor. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat dan mampu memodelkan fungsi non linier yang kompleks.

2.2.2.3 Himpunan fuzzy

Beberapa yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu

1. Variabel fuzzy yaitu variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*
2. Himpunan fuzzy yaitu suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*

Gambar 2.3. Perbandingan *Crisp Set* dan *Fuzzy Set*



(sumber : wulandari F. 2005)

Pada himpunan tegas (*crisp*) nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang ditulis dengan $\mu(x)$ memiliki dua kemungkinan yaitu satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan atau nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Adapun pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Seperti contoh dalam gambar 2.3 pada himpunan tegas, b bukan elemen A berarti b bukan anggota himpunan A , sedangkan pada himpunan *fuzzy*, $b \in A$ dengan $\mu(b) = \mu$ yang berarti b termasuk anggota himpunan A dengan nilai keanggotaan sebesar μ . Himpunan fuzzy memiliki 2 (dua) atribut yaitu:

1. Linguistik, yaitu penanaman grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

2.2.2.4 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Apabila U menyatakan himpunan universal dan A adalah himpunan fungsi fuzzy dalam U , maka A dapat dinyatakan sebagai pasangan terurut (Wang dari Wulandari, F., 2005). Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

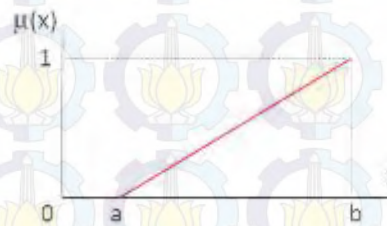
1. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear.

- a. Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol(0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Kusumadewi S. dkk, 2010). Seperti terlihat pada gambar 2.4.

Gambar 2.4 Representasi linear naik



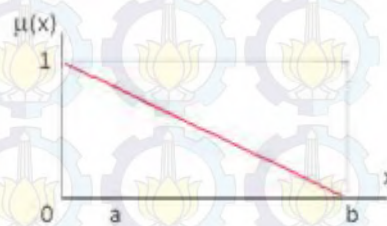
(sumber : wulandari F. 2005)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

- b. merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.5.

Gambar 2.5 Representasi linear turun



(sumber : wulandari F. 2005)

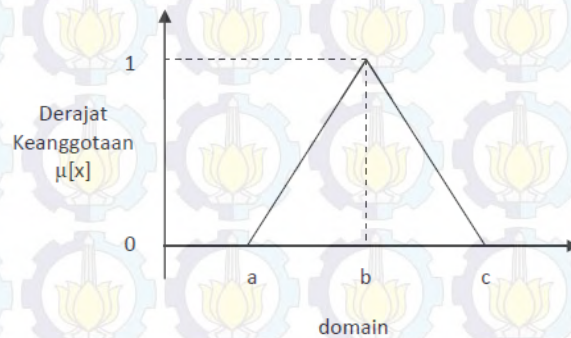
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ (b - x) / (b - a) & a < x < b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (2.2)$$

2. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Seperti terlihat pada gambar 2.6.

Gambar 2.6 Representasi segitiga



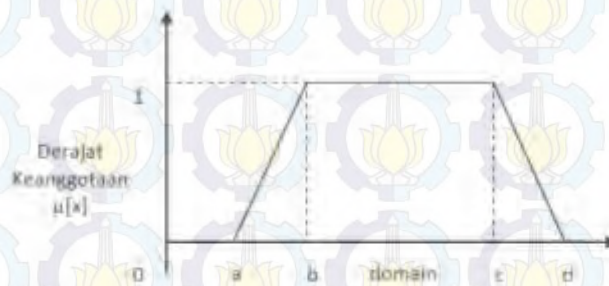
(sumber : wulandari F. 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ (x - a) / (b - a) & a < x < b \\ (c - x) / (c - b) & b < x < c \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Representase kurva trapezium Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti terlihat pada gambar 2.7.

Gambar 2.7 Representasi kurva trapezium



(sumber : wulandari F. 2005)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c); & x \geq d \end{cases} \quad (2.4)$$

Fungsi keanggotaan dapat diperoleh melalui beberapa metode antara lain menggunakan pendekatan data statistik, yaitu dengan membandingkan data output dan input dari suatu sistem yang bekerja atau melalui data yang diperoleh melalui wawancara dengan *human expert* (ahli). Kriteria expert adalah orang yang memiliki pengetahuan dalam suatu bidang tertentu yang diperoleh dari pendidikan atau pengalaman.

Menurut medaglia dan fang, 2002, "*membership function can be constructed from data that be elicited by interacting eith experts using direct and indirect method...*" artinya fungsi keanggotaan dapat dibuat dari data yang diperoleh melalui interaksi dengan ahli dengan metode langsung dan tidak langsung. Ada beberapa metode dapat yang digunakan antara lain (cornelissen A, 2002) :

1. *Point estimation*

Pada metode ini, ekspert akan menentukan apakah suatu item x masuk dalam suatu himpunan atau tidak. Sehingga derajat keanggotaan yang dihasilkan memiliki nilai 0 atau 1. Jenis pertanyaan yang diajukan adalah "Apakah anda setuju bahwa x adalah A"? Misalnya x adalah umur 25 tahun dan A adalah himpunan {muda, paru baya, tua} yang termasuk dalam variabel umur. Pertanyaan tersebut diajukan kebeberapa ekspert kemudian jawaban dirata-rata untuk membentuk fungsi keanggotaan. Derajat keanggotaan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut

$$\mu_{Ai}(x) = \frac{1}{p} \sum_{p=1}^p \mu_{Ai}(x)p \quad (2.5)$$

Keterangan :

$\mu_{Ai}(x)$: Derajat keanggotaan item x pada himpunan A

P : Jumlah expert

$\mu_{Ai}(x)p$: derajat keanggotaan item x, hasil wawancara dengan *expert*

2. *Direct rating* dalam metode ini digunakan pada suatu kejadian dimana kekaburan (*fuziness*) disebabkan oleh ketidakjelasan yang bersifat *subject* oleh setiap individu. Ekspert akan menentukan derajat keanggotaan suatu item pada suatu himpunan. Tipe pertanyaan yang diajukan adalah “berapa derajat keanggotaan item x pada himpunan A ? Misal x adalah umur 25 tahun yang bisa digolongkan dalam himpunan A yang menyatakan (muda, paruh baya, tua) pada variabel umur. Interval derajat keanggotaannya bernilai antara $0 - 1$. Hasil jawaban dari ekspert akan dihitung derajat keanggotaannya menggunakan persamaan 2.5 ;
3. *Interval estimation* metode ini hampir sama dengan *point estimation*, perbedaannya adalah tipe jawaban yang memungkinkan subyek untuk memberikan interval suatu item dalam himpunan. Jenis pertanyaan yang diajukan adalah “berikan interval umur berapa yang termasuk himpunan A ?” misalnya A adalah himpunan yang menyatakan umur (muda, paruh baya, tua).

2.2.2.5 Operasional Himpunan

Ada beberapa operasi yang didefinisikan untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Ada 3 (tiga) operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh yaitu : (Kusumadewi S. dan Purnomo. 2010)

1. Operator AND

Bilavariabel keluaran tergantung pada variabel-variabel input, maka hasilnya sama dengan irisan antara variabel input. Dalam hal ini derajat keanggotaan diambil yang minimum dari derajat keanggotaan himpunan yang bersangkutan.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$$

2. Operator OR

Bila variabel keluaran tergantung pada salah satu variabel-variabel input, maka hasilnya sama dengan gabungan antara variabel input. Dalam hal ini derajat keanggotaan diambil nilai terbesar dari derajat keanggotaan himpunan yang bersangkutan.

3. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. Dalam hal ini derajat keanggotaan diambil dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A(x)$$

2.2.2.6 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut (derajat keanggotaan). (Kusumadewi S. dan Purnomo, 2010).

Setelah variabel tersebut ditentukan himpunan *fuzzy*-nya kemudian menentukan *domain* batas dari masing-masing himpunan *fuzzy* tersebut. Domain batas ditentukan berdasarkan data-data yang telah ada. Data-data tersebut dianalisa sehingga dihasilkan nilai batas dari setiap himpunan *fuzzy* pada setiap variabel tersebut. Adapun estimasi domain batas tersebut yaitu dengan menentukan batas bawah, rata-rata, dan batas atas. Dari batas-batas tersebut maka tiap-tiap himpunan memiliki nilai.

2.2.2.7 Fuzzy Inference System (FIS)

Inferensi adalah proses penggabungan banyak aturan berdasarkan data yang tersedia. Komponen yang melakukan inferensi dalam sistem pakar disebut mesin inferensi. Dua pendekatan untuk menarik kesimpulan pada IF-THEN rule (aturan jika-maka) adalah forward chaining dan backward chaining (Turban dkk di dalam Rohayani (2015)). Forward chaining mencari bagian JIKA terlebih dahulu. Setelah semua kondisi dipenuhi, aturan dipilih untuk mendapatkan kesimpulan. Jika kesimpulan yang diambil dari keadaan pertama, bukan dari keadaan yang terakhir, maka ia akan digunakan sebagai fakta untuk disesuaikan dengan kondisi JIKA aturan yang lain untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih baik. Proses ini berlanjut hingga dicapai kesimpulan akhir. Sedangkan Backward chaining adalah kebalikan dari forward chaining. Pendekatan ini dimulai dari kesimpulan dan hipotesis bahwa kesimpulan adalah benar. Mesin inferensi kemudian mengidentifikasi kondisi JIKA yang diperlukan untuk membuat kesimpulan benar dan mencari fakta untuk menguji

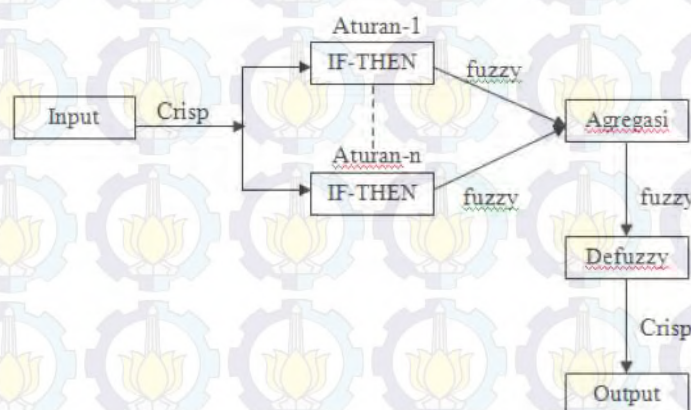
apakah kondisi JIKA adalah benar. Jika semua kondisi JIKA adalah benar, maka aturan dipilih dan kesimpulan dicapai. Jika beberapa kondisi salah, maka aturan dibuang dan aturan berikutnya digunakan sebagai hipotesis kedua. Jika tidak ada fakta yang membuktikan bahwa semua kondisi JIKA adalah benar atau salah, maka mesin inferensi terus mencari aturan yang kesimpulannya sesuai dengan kondisi JIKA yang tidak diputuskan untuk bergerak satu langkah ke depan memeriksa kondisi tersebut. Proses ini berlanjut hingga suatu set aturan didapat untuk mencapai kesimpulan atau untuk membuktikan tidak dapat mencapai kesimpulan.

Menurut Kusumadewi dan Hartati (2006), sistem inferensi *fuzzy* merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* yang berbentuk IF-THEN, dan penalaran *fuzzy*. Secara garis besar, diagram blok proses inferensi *fuzzy* terlihat pada Gambar 2.8.

Proses inferensi yaitu mengevaluasi aturan *fuzzy* untuk menghasilkan output dari masing – masing aturan . proses iferensi terdiri dari:

1. Implikasi yaitu proses mendapatkan keluaran sebuah aturan berdasarkan derajat kebenaran anteseden. Implikasi dilakukan pada setiap aturan berdasarkan derajat kebenaran anteseden. Implikasi dilakukan pada setiap aturan. Implikasi akan mengubah bentuk fuzzy set keluaran yang dihasilkan dari konsekuen. Fungsi yang sering digunakan dalam proses implikasi adalah

Gambar 2.8 Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy



(sumber : Sri Kusumadewi dkk, 2010)

- a. Fungsi min (minimum). Fungsi ini akan memotong output himpunan *fuzzy*
- b. Fungsi dot (*product*) fungsi ini akan menskala output himpunan *fuzzy*

2. Agregasi yaitu proses mengkominasikan keluaran semua aturan menjadi sebuah *fuzzy set* tunggal. Tiga fungsi yang sering digunakan dalam agregasi adalah (kusumadewi dkk, 2010):

- a. Metode max (maximum) adalah solusi himpunan *fuzzy* yang diperoleh dengan mengambil nilai maksimum aturan ,kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*. Secara umum dapat ditulis sebagai berikut

$$\mu_{sf}(xi) = \max (\mu_{sf}(xi), \mu_{kf}(xi)) \quad (2.6)$$

keterangan :

$\mu_{sf}(xi)$: nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(xi)$: nilai keanggotaankonsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

- b. Metode additive (SUM). Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah fuzz. Secara umum dapat ditulis sebagai berikut :

$$\mu_{sf}(xi) = \min (1, \mu_{sf}(xi) + \mu_{kf}(xi)) \quad (2.7)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}(xi)$: nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(xi)$: nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

- c. Metode probabilistik (OR). Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dapat ditulis sebagai berikut :

$$\mu_{sf}(xi) = (\mu_{sf}(xi) + \mu_{kf}(xi)) - (\mu_{sf}(xi) * \mu_{kf}(xi)) \quad (2.8)$$

Keterangan :

$\mu_{sf}(xi)$: nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(xi)$: nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* sampai aturan ke-i

Sistem inferensi fuzzy menerima *input crisp*. *Input* ini kemudian dikirim ke basis pengetahuan yang berisi n aturan *fuzzy* dalam bentuk IF-THEN. *Fire strength* (nilai keanggotaan anteseden atau α) akan dicari pada setiap aturan. Apabila aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya pada hasil agregasi akan dilakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai *crisp* sebagai *output* sistem. Salah satu metode FIS yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan adalah metode Tsukamoto. Berikut ini adalah penjelasan mengenai metode FIS Tsukamoto. Pada metode Tsukamoto, implikasi setiap aturan berbentuk implikasi “Sebab-Akibat”/Implikasi “Input-Output” dimana antara anteseden dan konsekuen harus ada hubungannya. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian untuk menentukan hasil tegas (*Crisp Solution*) digunakan rumus penegasan (defuzifikasi) yang disebut “Metode rata-rata terpusat” atau “Metode defuzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzifier*)” (Setiadji, 2009). Untuk lebih memahami metode Tsukamoto, dengan contoh dibawah ini:

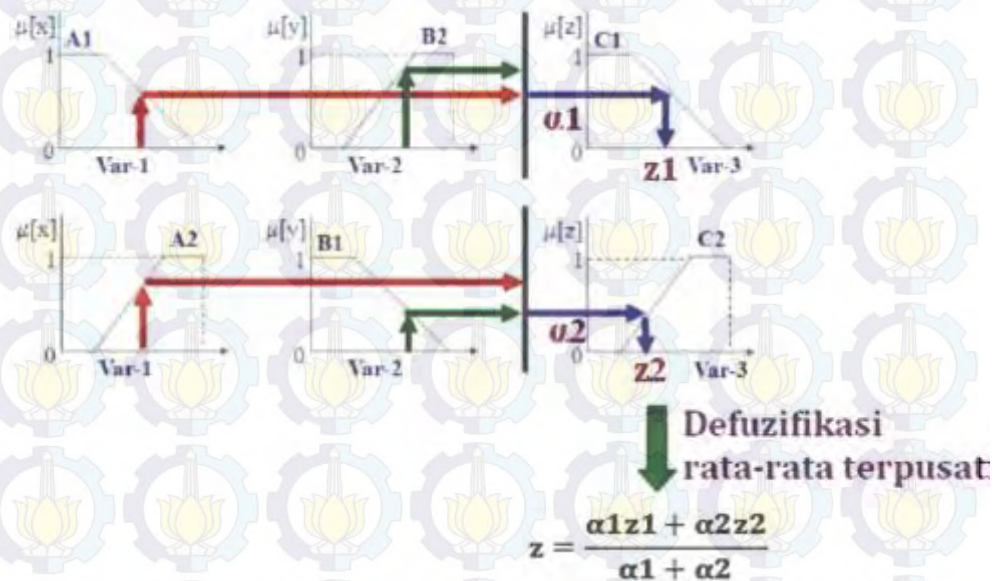
Misalkan ada 2 variabel input, Var-1 (x) dan Var-2(x), serta variabel output, Var-3(z), dimana Var-1 terbagi atas 2 himpunan yaitu A1 dan A2. Var-2 terbagi atas 2 himpunan B1 dan B2, Var-3 juga terbagi atas 2 himpunan yaitu C1 dan C2 (C1 dan C2 harus monoton). Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu:

[R1] IF (x is A1) and (y is B2) THEN (z is C1)

[R2] IF (x is A2) and (y is B1) THEN (z is C2)

Pertama-tama dicari fungsi keanggotaan dari masing-masing himpunan fuzzy dari setiap aturan, yaitu himpunan A1, B2 dan C1 dari aturan fuzzy [R1], dan himpunan A2, B1 dan C2 dari aturan fuzzy [R2]. Aturan fuzzy R1 dan R2 dapat direpresentasikan dalam Gambar 2.9 untuk mendapatkan suatu nilai *crisp* Z.

Gambar 2.9 Inferensi



(Sumber : Sri Kusumadewi dkk, 2010)

Karena pada metode Tsukamoto operasi himpunan yang digunakan adalah konjungsi (AND), maka nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy [R1] adalah irisan dari nilai keanggotaan A1 dari Var-1 dengan nilai keanggotaan B1 dari Var-2. Menurut teori operasi himpunan, maka nilai keanggotaan anteseden dari operasi konjungsi (And) dari aturan fuzzy [R1] adalah nilai minimum antara nilai keanggotaan A1 dari Var-1 dan nilai keanggotaan B2 dari Var-2. Demikian pula nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy [R2] adalah nilai minimum antara nilai keanggotaan A2 dari Var-1 dengan nilai keanggotaan B1 dari Var-2. Selanjutnya, nilai keanggotaan anteseden dari aturan fuzzy [R1] dan [R2] masing-masing disebut dengan α_1 dan α_2 . Nilai α_1 dan α_2 kemudian disubstitusikan pada fungsi keanggotaan himpunan C1 dan C2 sesuai aturan fuzzy [R1] dan [R2] untuk memperoleh nilai z_1 dan z_2 , yaitu nilai z (nilai perkiraan produksi) untuk aturan fuzzy [R1] dan [R2]. Untuk memperoleh nilai output crisp/nilai tegas Z , dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Cara ini disebut dengan metode defuzifikasi (penegasan). Metode defuzifikasi yang digunakan dalam metode Tsukamoto adalah metode defuzifikasi rata-rata terpusat (*Center Average Defuzzyfier*) yang dirumuskan pada persamaan 2.9.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i z_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \text{ (Defuzifikasi rata – rata terpusat)} \quad (2.9)$$

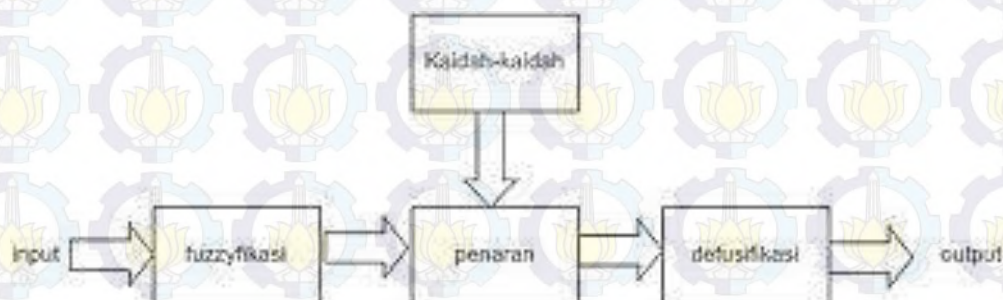
Adapun FIS adalah bagian dari logika *fuzzy* yang memiliki definisi proses pemetaan variabel input ke dalam variabel *output* dengan menggunakan logika dan aturan *fuzzy*. FIS mengevaluasi semua aturan *fuzzy* secara simultan untuk menghasilkan kesimpulan (Naba, 2009). Struktur FIS terdiri dari variabel input, fuzzifikasi, aturan *fuzzy*, variabel output dan defuzifikasi seperti ditunjukkan pada gambar 2.10.

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh output, diperlukan 4 tahapan yaitu :

- Pembentukan himpunan fuzzy; Pada metoda mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.
- Aplikasi fungsi implikasi (aturan); pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN.

Gambar 2.10 Proses FIS



(sumber : Naba 2009)

- Inferensi sistem, Komponen aturan; Pada tahapan ini sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi

antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu : *max*, *additive* dan probabilistik OR.

d. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam range tertentu, maka harus dapat di ambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output. Defuzzyfikasi pada metode mamdani untuk semesta diskrit menggunakan persamaan

$$z = \sum z_j \mu(z_j) / \sum \mu(z_j) \quad (2.10)$$

2. Metode sugeno diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985. Konsepnya hampir sama dengan Mamdani, hanya output (konsekuen) sistem berupa konstanta atau persamaan linier. Secara umum model *fuzzy* Sugeno terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu :

a. Model *fuzzysugeno* orde-nol :

IF input 1 = x dan input 2 = y , THEN outputnya adalah $z = k$

b. Model *fuzzy* Sugeno orde-satu :

If input 1 = dan input 2 = y, THEN outputnya adalah $z = ax + by + c$

3. Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

2.2.2.8 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi. Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus diambil suatu nilai *crisp* tertentu. (Kusumadewi S.

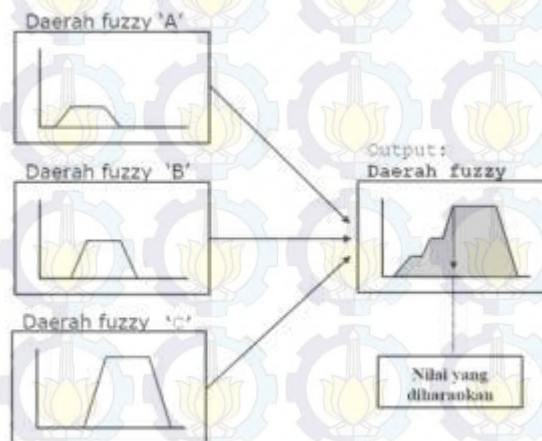
2002). Merubah output keluaran inferensi aturan menjadi sebuah bilangan nilai tertentu. Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam *fuzzy sugeno* adalah *defuzzy weight average* sesuai persamaan 2.11

$$\text{Final output} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (2.11)$$

Keterangan :

w_i : α -predikat ke- i N : jumlah aturan fuzzy z_i : output ke- i

Gambar 2.11 Proses Defuzzifikasi



(sumber : Kusumadewi S. 2002)

2.2.3 Konsep Strategi

Menurut Watson (dalam wulandari 2012), Definisi strategi adalah kemampuan untuk melihat arah yang hendak dituju, untuk melakukan hal-hal yang diperlukan supaya tetap berada di jalur dalam mencapai tujuan Strategi merupakan cara untuk mencapai tujuan jangka panjang. Kebijakan penyerahan pelaksanaan pekerjaan kepada subkontraktor adalah kebijakan yang bersifat strategis, yaitu keputusan yang dihasilkan harus melalui suatu pertimbangan yang matang. Karena bagaimanapun tanggung jawab tetap berada pada kontraktor, yang diserahkan hanya pelaksanaan pekerjaannya saja, artinya kinerja subkontraktor tetap menjadi tanggung jawab kontraktor terhadap owner. Sebab Subkontraktor tidak memiliki hubungan

kontraktual dengan owner melainkan dengan kontraktor. Oleh karena itu pekerjaan yang akan diserahkan/dikerjakan oleh subkontraktor harus digambarkan secara hati-hati dan lengkap, berdasarkan acuan-acuan langsung untuk spesifikasi teknis dan gambar dengan bagian-bagian yang diaplikasikan dari kontrak utama. Strategi Pengendalian proyek berhubungan dengan tiga variabel penting dalam pelaksanaan proyek yaitu biaya, mutu dan waktu. Ketiganya mempunyai keterkaitan yang erat dan bermuara pada kinerja proyek. Pengendalian kontraktor pada bagian pekerjaan subkontraktor terkait dengan tiga variabel kinerja proyek adalah : (Wulandari, 2012)

1. Pengendalian mutu, sepenuhnya di tangan kontraktor. Bila terjadi penyimpangan, kontraktor dapat melakukan intervensi langsung tanpa kompromi.
2. Pengendalian waktu, sepenuhnya juga ditangan kontraktor tetapi tidak dapat melakukan intervensi langsung melainkan dengan kompromi terkecuali bila dengan jelas subkontraktor sudah tidak mampu mengatasi keterlambatannya yang dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian seluruh proyek.
3. Pengendalian biaya, sebenarnya dapat dikatakan bahwa sudah terjadi pada saat negosiasi harga, yaitu ketika ditandatangani surat perjanjian sub kontrak pada dasarnya pengendalian biaya telah selesai, kecuali bila dalam surat perjanjian terdapat syarat-syarat tertentu. Kontraktor tidak dapat melakukan intervensi terhadap biaya internal subkontraktor, kecuali bila terjadi ketidak wajaran yang berdampak negatif terhadap mutu dan waktu.

2.3 Penelitian Terdahulu

Dasar atau acuan yang berupa teori-teori atau temuan-temuan melalui hasil berbagai penelitian sebelumnya merupakan hal yang sangat perlu dan dapat dijadikan sebagai data pendukung. Salah satu data pendukung yang menurut peneliti perlu dijadikan bagian tersendiri adalah penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang sedang dibahas dalam penelitian ini.

Dalam hal ini, fokus penelitian terdahulu yang dijadikan acuan adalah terkait dengan masalah pemilihan pemasok pelaksanaan jasa konstruksi. Oleh karena itu, peneliti melakukan langkah kajian terhadap beberapa hasil penelitian berupa tesis dan jurnal-jurnal.

Singh dan Tiong (2005), menyajikan kerangka keputusan *fuzzy* untuk pemilihan kontraktor di lingkungan multicriteria. Metode yang diusulkan memungkinkan *decision making* untuk mengekspresikan pendapat mereka tentang kinerja atribut kriteria keputusan dengan cara yang lebih realistis seperti penggunaan himpunan *fuzzy* teori memfasilitasi penilaian harus dibuat secara kualitatif dan linguistik atau perkiraan istilah yang lebih baik sesuai dengan situasi dunia nyata. Dalam mengembangkan kerangka kerja, diasumsikan bahwa pertunjukan atribut kriteria keputusan yang kabur, sedangkan ditunjukkan dari para pengambil keputusan tidak. Namun, yang diusulkan Sistem juga memfasilitasi *decision making* untuk mengekspresikan pendapat mereka menggunakan bahasa istilah. Interaksi antara kriteria keputusan diambil mempertimbangkan yang memadai pengambilan keputusan *fuzzy*. Dalam proses pemilihan kontraktor yang sebenarnya, selain untuk harga tender, sejumlah besar kriteria keputusan dan subkriteria perlu dipertimbangkan secara simultan dan dalam kebanyakan kasus *decision making* kurang untuk menangani ketidakpastian yang berhubungan dengan pengambilan keputusan langsung dalam skor kinerja pada kriteria tertentu dengan menggunakan nilai perkiraan daripada menggunakan nilai-nilai *crisp* dan ini membuat penggunaan variabel linguistik *fuzzy* untuk diusulkan Sistem pemilihan kontraktor yang lebih tepat. Oleh karena itu, penggunaan dari metode yang diusulkan.

Limanto dkk (2005), faktor manusia memegang peranan yang utama, padahal seiring dengan waktu manusia mengalami proses perubahan. Dengan memperhatikan kendala yang terjadi pada manusia, diharapkan dari hasil penelitian ini di mana sumber daya manusia sebagai pihak yang mengambil keputusan dapat mengambil keputusan yang tepat. hasil pengolahan data diperoleh Model Sinusoidal sesuai digunakan untuk menilai variabel kualitas, Model Baldwin sesuai digunakan untuk menilai variabel pembayaran Model Blockley sesuai digunakan untuk menilai variabel performa.

Lendra (2001), tingkat kepercayaan hubungan kemitraan antara kontraktor dan subkontraktor di Surabaya secara umum tingkat kepercayaan berada pada tingkat yang tinggi. Keempat elemen kepercayaan (yaitu, *exhibiting trust*, *achieving results*, *acting with integrity* dan *demonstrating concern*) dapat digunakan untuk mengukur tingkat kepercayaan; hal ini dapat dilihat dengan tingginya nilai korelasi Pearson.

Parameter-parameter perusahaan mitra kerja yang paling mempengaruhi kepercayaan dalam hubungan kemitraan antara kontraktor dan subkontraktor di Surabaya yaitu: sumber daya manusia, pengalaman perusahaan menangani tipe pekerjaan dan ukuran proyek yang sama, peralatan dan perlengkapan serta jangka waktu pelaksanaan proyek.

Pono, Messah dan Krisnayanti (2012), Dalam ketentuan pemilihan subkontraktor oleh kontraktor utama dengan jenis perusahaan BUMN ada 6 aspek yang dilihat yaitu aspek umum, aspek keuangan, aspek teknis, aspek manajerial, aspek keselamatan kerja dan aspek reputasi perusahaan. Menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP), yang paling berpengaruh adalah aspek keuangan dengan bobot 31,6 %, kriteria nilai penawaran merupakan kriteria yang paling berpengaruh dalam pemilihan sub-kontraktor oleh kontraktor utama untuk jenis perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dan sub kriteria nilai penawaran paling rendah merupakan sub kriteria yang paling berpengaruh dengan bobot 12,4%. Sedangkan pemilihan subkontraktor oleh kontraktor utama dengan jenis perusahaan Swasta Nasional adalah aspek keuangan dengan bobot 27,1 %. kriteria nilai penawaran merupakan kriteria yang paling berpengaruh dalam pemilihan subkontraktor oleh kontraktor utama untuk jenis perusahaan Swasta Nasional dan sub kriteria nilai penawaran paling rendah merupakan sub kriteria yang paling berpengaruh dengan bobot 9,1%.

Asgari dkk (2013), menjelaskan bahwa dalam suatu proyek besar, hampir 90% nya adalah subkontraktor. Dalam penelitiannya, dibahas bagaimana subkontraktor dapat mengambil banyak manfaat dari pengelolaan sumber daya bersama dalam proyek-proyek konstruksi. Adanya kasus kemitraan jangka pendek di mana antara subkontraktor membentuk aliansi, setuju untuk menempatkan semua atau sebagian dari sumber daya mereka pada suatu proyek untuk jangka waktu tertentu demi mengefektifkan biaya. *Cooperative Game Theory* digunakan sebagai dasar untuk mengalokasikan sumber daya yang adil dan efisien antara subkontraktor dalam bekerja sama. Hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya penghematan antara subkontraktor dari pengelolaan sumber daya bersama.

Kaushal dkk (2013), menjelaskan bahwa para pemangku kepentingan dalam hal ini adalah produsen dan konsumen elektronik memiliki hubungan jangka

panjang sehingga dapat mengakibatkan konsumen untuk kembali menggunakan elektronik dari produsen tersebut. Metode yang digunakan adalah *Non Cooperative Game Theory* untuk menentukan strategi yang sesuai dan untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. Masing-masing *stakeholder* tidak saling bekerja sama. Namun hasil dari penelitian ini disarankan agar para *stakeholder* bisa kerjasama sehingga bisa diperoleh keuntungan lebih baik.

Bhaduri dkk (2013), mengkaji tentang hubungan air dan energi dalam perjanjian pembagian air lintas batas dan mengevaluasi bagaimana hubungan masalah tersebut dapat meningkatkan cakupan kerjasama antara negara-negara hulu dan hilir. Dalam studi kasus pada pembagian air lintas batas antara Burkina Faso dan Ghana, hulu dan hilir utamanya ada di Cekungan Volta, saling ketergantungan dari negara-negara tersebut memunculkan harus adanya solusi yang efisien dan efektif mengenai pembagian air. Metode *Cooperative Game Theory* digunakan untuk menyusun kerja sama yang saling menguntungkan dan stabil. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa masalah hubungan dalam sektor air memunculkan strategi tambahan untuk menghasilkan keuntungan bersama, selain itu penggunaan tenaga air secara bersama dapat meningkatkan kesejahteraan bagi semua pihak.

Ping Ho dkk (2014), menganalisis interaksi strategis antara peserta tender proyek menggunakan analisa teori permainan. Untuk proyek yang besar dan kompleks, pasti memiliki satu atau dua peserta lelang yang memiliki daya saing yang kuat diantara para penawar. Skenario dari para penawar sangatlah penting melalui analisis strategi. Penulis berusaha menunjukkan bahwa, dalam kondisi tertentu persaingan antara para peserta tender bisa dilakukan secara efektif untuk dapat mendorong para penawar agar melakukan upaya ekstra dalam tahap awal. Mengidentifikasi tawaran secara efektif dan mengimplikasikan strategis bagi para peserta tender.

Sundari (2015), *cooperative game theory* dapat digunakan sebagai tool/ alat untuk memilih pemasok oleh pengembang proyek pembangunan perumahan sehingga bisa terjalin hubungan kerjasama yang *win - win solution* antara pengembang dengan pemasok dalam hal pembagian keuntungan yang saling memuaskan. Dengan model ini, pemilihan pemasok dapat disederhanakan dari N

person games menjadi *two person games* dengan melakukan beberapa kali *pairwise comparasion*.

Untuk memudahkan pemahaman bagian ini, dapat dilihat pada tabel 2.8.

2.4 Posisi penelitian

Untuk mengetahui perkembangan penelitian terkini yang bertujuan untuk memodelkan kerjasama pelaksanaan proyek konstruksi antara kontraktor – subkontraktor dengan pendekatan *fuzzy* teori permainan (*fuzzy game theory*) sehingga kedua belah pihak mendapatkan keuntungan yang optimal akan dibahas dalam sub bab ini. *Review* penelitian terdahulu yang nantinya dapat diketahui posisi dan perbedaan dari penelitian sebelumnya.

Perbedaan teknis penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Asgari dkk (2013); Kaushal dkk (2013), Bhaduri dkk (2013), Ping Ho dkk (2014), Sundari (2015) dari sisi pemainnya, penelitian terdahulu para pemainnya adalah *stakeholder*, negara bagian dan para peserta tender proyek dan hanya menggunakan teori permainan (*Game Theory*). Objek dari penelitian ini adalah proyek konstruksi yang melibatkan kontraktor-subkontraktor. Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy cooperative game theory*, *fuzzy Game Theory* adalah sebuah pendekatan terhadap kemungkinan strategi yang akan dipakai, yang disusun secara matematis dan dapat menyelesaikan permasalahan kualitatif dalam *linguistik* penelitian sebelumnya dalam menentukan *payoff* dan bisa diterima secara logis dan rasional. Digunakan untuk mencari strategi terbaik dalam suatu aktivitas dan fuzzifikasi mendapatkan kesamaran suatu hal dengan suatu hal yang tegas, dan dimana setiap pemain didalamnya sama-sama mencapai utilitas tertinggi.

Dengan metode tersebut maka diharapkan bisa menjawab dan memberikan usulan yakni memodelkan strategi kerjasama hubungan antara kontraktor – subkontraktor dengan pendekatan *fuzzy* teori permainan pada proyek konstruksi yang melibatkan kontraktor – subkontraktor sehingga antara kontraktor dan subkontraktor bisa mendapatkan manfaat yang optimal.

Tabel 2.8 Tabulasi penelitian Terdahulu

No.	Tahun	Judul Jurnal	Nama Peneliti	Sumber	Metode				Sasaran dan Tujuan
					ANOVA	AHP	Fuzzy	Game theory	
1	2005	A FUZZY DECISION FRAMEWORK FOR CONTRACTOR SELECTION	Singh; Tiong	ASCE	-	-	X	-	Pemilihan kriteria tender dan kontraktor dengan <i>fuzzy</i>
2	2005	STUDI AWAL APLIKASI TEORI FUZZY SET PADA PERUSAHAAN READYMIX CONCRETE DALAM MEMILIH PEMASOK MATERIAL BETON	Sentosa Limanto; Tirta Djusman Arief; Josep Buntoro; Adi Sanjaya	puslit2.petra.ac.id/ejournal	-	-	X	-	Pemilihan material pemasok beton

Tabel 2.9 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu

3	2006	TINGKAT KEPERCAYAAN DALAM HUBUNGAN KEMITRAAN ANTARA KONTRAKTOR DAN SUBKONTRAKTOR DI SURABAYA	Lendra; Andi	puslit2.petra.ac.id/ejournal	x	-	-	-	tingkat kepercayaan antara kontraktor dan subkontraktor dengan hubungan korelasi
4	2012	KAJIAN KRITERIA PEMILIHAN SUBKONTRAKTOR OLEH KONTRAKTOR UTAMA DENGAN MENGUNAKAN METODE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS(AHP)	Yunita A. Messah, Denik S. Krinsnayanti, Rohi D Radja Pono	cpanel.petra.ac.id	-	x	-	-	kriteria-kriteria yang paling berpengaruh dalam pemilihan subkontraktor oleh kontraktor utama

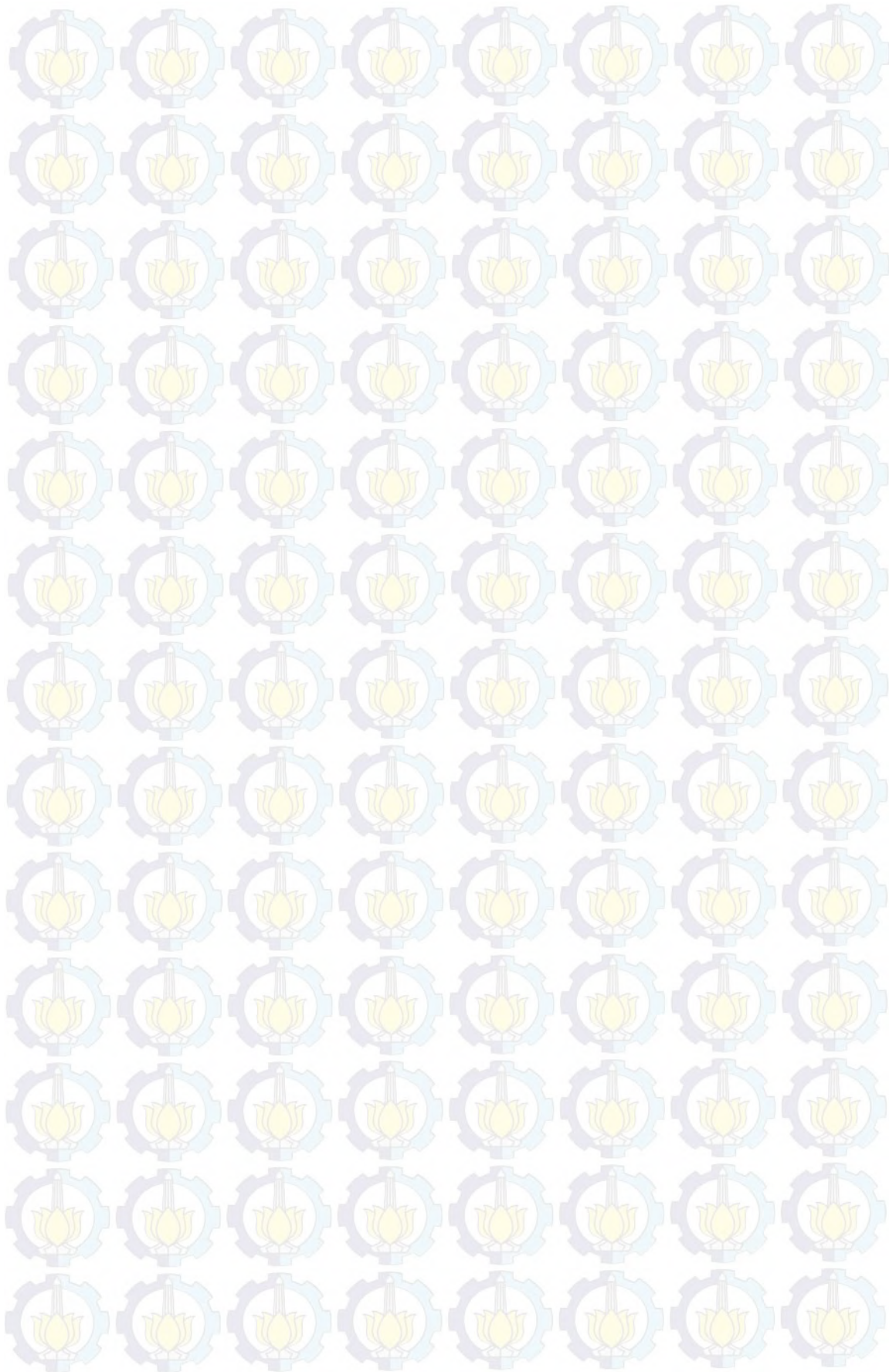
Tabel 2.10 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu

5	2013	Cooperative Game Theoretic Framework for Joint Resource Management in Construction	Sadegh Asgari,S.M.ASCE; Abbas Afshar; Kaveh Madani,A.M.ASCE	ASCE	-	-	-	x	<i>Decision Making</i> dengan metode teori permainan dalam konstruksi
6	2013	Game Theory–Based Multistakeholder Planning for Electronic Waste Management	Rajendra Kumar Kaushal and Arvind K. Nema	ASCE	-	-	-	x	Game Teori Berbasis Multistakeholder Perencanaan Pengelolaan Limbah Elektronik
7	2013	Cooperation in Transboundary Water Sharing with Issue Linkage: Game-Theoretical Case Study in the Volta Basin	Anik Bhaduri and Jens Liebe	ASCE	-	-	-	x	Studi kasus tentang teori permainan dengan tujuan mendapatkan pembagian air setiap daerah secara tepat

Tabel 2.11 Lanjutan Tabulasi penelitian Terdahulu

8	2014	Bid Compensation Theory and Strategies for Projects with Heterogeneous Bidders: A Game Theoretic Analysis	S. Ping Ho, A.M.ASC E; and Yaowen Hsu	ASCE	-	-	-	x	Analisa Strategi Proyek dengan teori permainan
9	2015	Model Pemilihan Pemasok Material Konstruksi Oleh Pengembang Perumahan Dengan Pendekatan Teori Permainan	Sundari	digilib.its.ac.id	-	-	-	x	Penentuan optimal <i>win – win solution</i> pemasok material dengan pengembang perumahan teori permainan

Halaman ini sengaja dikosongkan



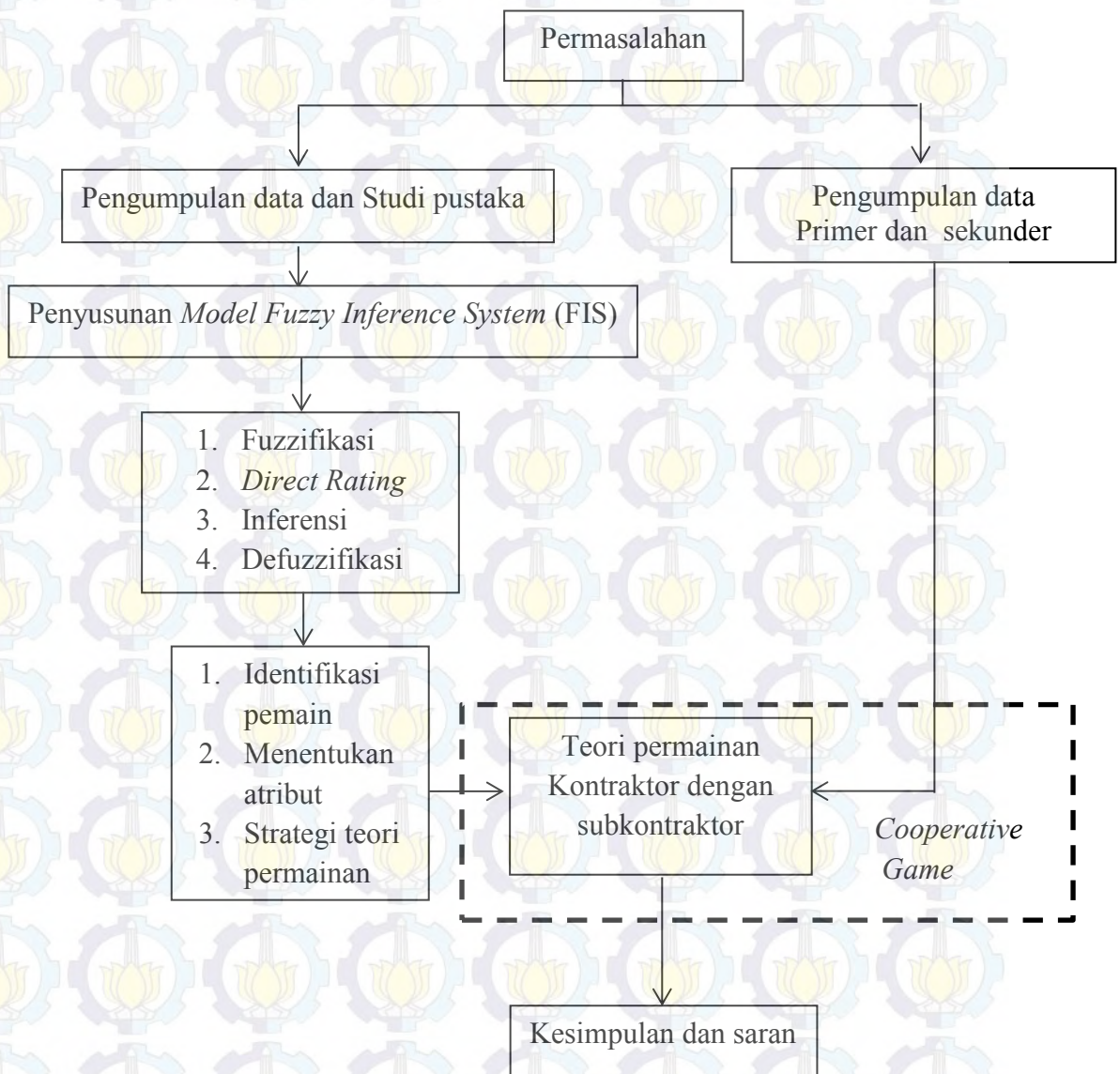
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Konsep dan Model Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pemodelan kerjasama Subkontraktor – Kontraktor dengan pendekatan *fuzzy* Teori Permainan

Tahapan penelitian digambarkan dalam Metodologi gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.2 Metode pengambilan data

Hal yang terpenting dalam pengambilan keputusan dengan menggunakan metode pendekatan penelitian, diperlukan cara-cara atau teknik pengumpulan data tersebut. Penelitian dalam penelitian sistem pengambilan keputusan pemilihan subkontraktor ini bersifat kualitatif pada umumnya menggunakan teknik observasi dan wawancara.

1. Teknik pengumpulan data yang digunakan untuk proses penentuan subkontraktor adalah dengan wawancara. Wawancara dilakukan pada manajer konstruksi, kepala teknik, dan bagian pengadaan PT. XYZ untuk mengetahui keseluruhan proses bisnis yang dijalankan oleh PT. XYZ beserta seluruh aliran informasi dalam mendukung proses penentuan subkontraktor dalam proyek.
2. Wawancara juga digunakan untuk memberikan deskripsi atas penilaian manajer konstruksi, kepala teknik, dan pengadaan PT. XYZ sebagai staf ahli dalam menentukan subkontraktor. Fungsi wawancara berikutnya adalah untuk mengetahui berbagai kebutuhan data yang peneliti butuhkan dalam penentuan subkontraktor dan antar keduanya (kontraktor – subkontraktor) dalam kerjasama dalam proyek.

3.3 Metode pengolahan data

Hasil dari data wawancara survei pendahuluan pada PT. XYZ yang telah terkumpul kemudian disajikan dalam sistem teknik pengolahan data ini menggunakan analisa kualitatif dan kuantitatif yang termasuk dalam kegiatan pengolahan data adalah:

1. Analisa kualitatif adalah proses menganalisa data hasil wawancara sehingga akan mendapat gambaran subkontraktor dan kontraktor yang sesuai dengan kebutuhan proyek
2. Analisa kuantitatif adalah melakukan proses analisa penilaian terhadap subkontraktor sesuai dengan kriteria penilaian dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* teori permainan sehingga dapat diambil sebuah keputusan.

3.4 Survey pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan dengan cara wawancara pada bagian proyek manajer proyek dan manajemen konstruksi. Digunakan sebagai pendahuluan penentuan variabel kriteria yang digunakan dalam mengisi pengolahan data.

Hasil survey pendahuluan dan wawancara dengan manajer konstruksi kontraktor B pada proyek Puncak Darmahusada untuk mendapatkan variabel kriteria pemilihan subpekerjaan pondasi (tiang pancang); hasil yang didapat yaitu kriteria mutu (spesifikasi *apple to apple*), waktu penyelesaian pekerjaan, Sistem pembayaran (DP), *Schedule (Progress)*, Reputasi (ketepatan hasil), Kemampuan teknis, Penerapan K3L (HSE), Metode *delivery*, Manajerial dan Sumber daya manusia, dan Kemampuan financial (*real cost*). Dan setelah seluruh kriteria kebutuhan kualifikasi tersebut yang diisyaratkan pada proyek yang ditentukan kontraktor terpenuhi dalam pemilihan subkontraktor, maka selanjutnya variabel faktor yang jadi penentu untuk pengeluaran dan pemasukan bagi kontraktor dan subkontraktor selama proyek ialah kriteria kemampuan ketersediaan stok dan kriteria harga (diskon).

3.5 Identifikasi pemain

Dalam identifikasi pemain menggunakan teknik *purposive* sampling, teknik pengambilan sampel secara sengaja dengan tujuan penentuan sampel benar-benar sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan, sehingga dipilih orang – orang yang memahami dengan baik mengenai strategi kerjasama hubungan kontraktor – subkontraktor. Populasi dari penelitian ini adalah kontraktor B (kontraktor utama) jasa konstruksi dan subkontraktor A yang berkompeten di Surabaya.

3.6 Studi literatur

Untuk pendukung kesempurnaan penelitian dilakukan studi literatur yang terkait dengan Hubungan kerjasama antar kontraktor dan subkontraktor, Teori *fuzzysset* (kekaburan), dan Teori permainan

3.7 Penilaian dengan metode fuzzy

Penilaian dengan metode fuzzy dilakukan dengan tahapan seperti yang dijelaskan dalam uraian berikut :

3.7.1 Penyusunan Model *Fuzzy Inference system* (FIS)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi penilaian pemodelan kerjasama kontraktor – subkontraktor yang penilaiannya berifat kualitatif yang akan digunakan sebagai variabel input dalam melakukan *Fuzzy Inference System* (FIS). FIS adalah penilaian menggunakan logika dan aturan fuzzy dengan cara memasukkan nilai variabel input untuk mendapatkan variabel output dengan menggunakan software Matlab.

3.7.2 Pembentukan himpunan dan fungsi keanggotaan

Setelah penyusunan model FIS selesai tahap selanjutnya adalah membentuk himpunan dan fungsi keanggotaan adalah kurva yang menunjukkan pemetaan titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Pembentukan fungsi keanggotaan dilakukan dengan metode *direct rating* menggunakan persamaan *point estimation*; pada metode ini ekspert akan menentukan apakah suatu item x masuk dalam suatu himpunan atau tidak. Sehingga derajat keanggotaan yang dihasilkan memiliki nilai 0 atau 1. Jenis pertanyaan yang diajukan adalah “apakah anda setuju bahwa x adalah A”? maksudnya x adalah umur 25 tahun dan A adalah himpunan (muda, paruh baya, tua) yang termasuk dalam variabel umur. Pertanyaan tersebut diajukan ke beberapa *expert* kemudian jawaban dirata-rata untuk membentuk fungsi keanggotaan. Derajat keanggotaan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\mu_{Ai}(x) = \frac{1}{p} \sum_{p=1}^p \mu_{Ai}(x)_p \quad (3.1)$$

Keterangan :

$\mu_{Ai}(x)$: Derajat keanggotaan item x pada himpunan A

P : Jumlah expert

$\mu_{Ai}(x)_p$: derajat keanggotaan item x, hasil wawancara dengan *expert*

1. *Direct rating* dalam metode ini digunakan pada suatu kejadian dimana kekaburan (fuzziness) disebabkan oleh ketidakjelasan yang bersifat *subject* oleh setiap individu. Ekspert akan menentukan derajat keanggotaan suatu item pada suatu himpunan. Tipe pertanyaan yang diajukan adalah “berapa derajat keanggotaan item x pada himpunan A ? Misal x adalah umur 25 tahun yang bisa digolongkan dalam himpunan A yang menyatakan (muda, paruh baya, tua) pada variabel umur. Interval derajat keanggotaannya bernilai antara $0 - 1$. Hasil jawaban dari ekspert akan dihitung derajat keanggotaannya menggunakan persamaan 3.1 ; Metode *direct rating* dilakukan dengan cara menanyakan langsung kepada subkontraktor dan kontraktor untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai persentase yang memuat tentang harga (diskon), kemampuan ketersediaan stok dan seberapa besar pendapatan maupun pengeluaran yang diperoleh.

Dalam penelitian ini Metode *direct rating* dilakukan dengan cara menanyakan langsung kepada subkontraktor dan kontraktor untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai persentase yang memuat tentang harga (diskon), kemampuan ketersediaan stok dan seberapa besar pendapatan maupun pengeluaran yang diperoleh.

Form skala penilaian memiliki interval $0 - 1$ yang memiliki arti mulai dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju. Sangat tidak setuju diwakili oleh angka 0, tidak setuju diwakili angka 0,1 sampai 0,3, kurang setuju diwakili angka 0,4 sampai 0,6, setuju diwakili angka 0,7 sampai 0,9 dan sangat setuju diwakili angka 1. Skala penilaian tersebut mewakili nilai derajat keanggotaan.

Penilaian dilakukan oleh *expert* bagian pengadaan atau pemasaran dan manajer konstruksi atau bagian pelaksana proyek dengan cara mengisi derajat keanggotaan untuk masing-masing rating nilai pada himpunan kecil, sedang, dan besar. Contohnya untuk rating nilai 2%, *expert* memberikan derajat keanggotaan 1 pada himpunan kecil, artinya adalah *expert* sangat setuju bila nilai diskon 2% setuju kalau masuk himpunan kecil. Penilaian yang sama dilakukan untuk himpunan sedang dan besar dan dilakukan pada semua kriteria.

3.7.3 Fuzzifikasi

Setelah penilaian kriteria penilaian pembentukan fungsi keanggotaan, tahapan selanjutnya adalah fuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah proses untuk mengubah variabel non *fuzzy* menjadi variabel *fuzzy* dengan cara memetakan nilai *input* tegas pada himpunan *fuzzy* melalui fungsi keanggotaannya serta menuju ke nilai keanggotaannya. Dengan demikian akhirnya didapatkan nilai derajat keanggotaan bervariasi antara interval 0 – 1. Nilai variabel input yang digunakan dalam perhitungan diambil dari rata – rata.

3.7.4 Inferensi

Tahap berikutnya adalah mengkombinasikan himpunan-himpunan fuzzy variabel input tersebut ke dalam aturan – aturan atau inferensi. Proses inferensi adalah melakukan tahapan implikasi dan agregasi aturan. Metode inferensi yang digunakan adalah sugeno orde satu. Implikasi adalah memotong konsekuen *fuzzy* berdasarkan operator *fuzzy*. Pada perhitungan penelitian ini menggunakan operator AND. Metode yang digunakan dalam implikasi adalah metode min (minimum) sehingga penentuan α predikat dilakukan dengan mencari nilai terkecil dari setiap kombinasi sesuai persamaan $\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$. Adapun agregasi adalah penggabungan semua output (himpunan *fuzzy*) hasil implikasi masing – masing aturan kemudian dikombinasikan secara paralel menjadi satu himpunan *fuzzy*.

3.7.5 Defuzzifikasi

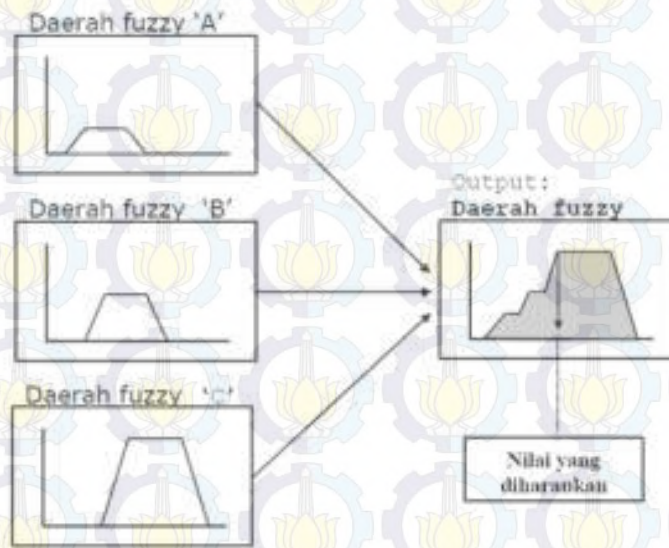
Tahap terakhir yang dilakukan yaitu defuzzifikasi. Defuzzifikasi adalah merubah output keluaran inferensi aturan menjadi sebuah bilangan nilai tertentu. Metode defuzzifikasi yang digunakan dalam *fuzzy* sugeno adalah *defuzzy weight average* sesuai persamaan

$$\text{Final output} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Keterangan :

w_i : α -predikat ke- i N : jumlah aturan fuzzy z_i : output ke- i

Gambar 3.2 Proses Deffuzzifikasi



3.8 Teori permainan Subkontraktor – Kontraktor

Berdasarkan jumlah pemainnya, teori permainan yaitu *two person games*. *Two person games* jumlah pemainnya sebanyak dua orang,

Tabel 3.1 *Matrix* kontraktor vs subkontraktor

Permainan non zero sum Game		Kontraktor	
		Strategi (1)	Strategi (2)
Subkontraktor	Strategi (1)	S1 - K1	S1 - K2
	Strategi (2)	S2 - K1	S2 - K2

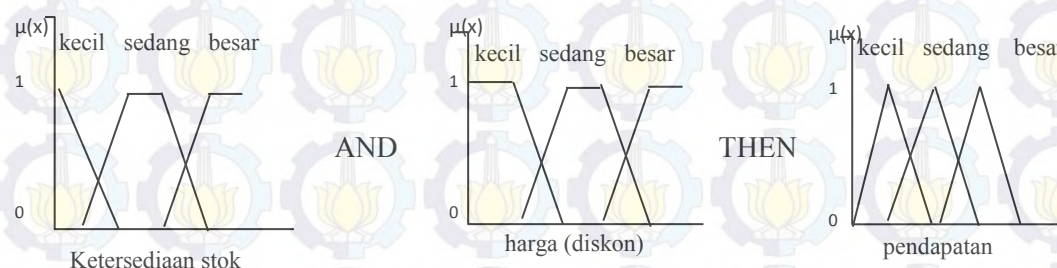
3.8.1 Menentukan *payoff*

Cara menyusun *matrix pay off* dalam penelitian, dimana setiap *payoff* mengukur atau memprediksi nilai yang spesifik dari strategi setiap pemain yang telah di *generate* yakni para subkontraktor dan kontraktor PT. XYZ. *Payoff* subkontraktor dengan kontraktor dinyatakan dalam suatu bentuk ukuran efektivitas

seperti memaksimalkan pendapatan subkontraktor dan meminimalkan pengeluaran bagi kontraktor. Anggapannya bahwa *matrix payoff* diketahui oleh kedua pemain.

Matriks inferensi *Fuzzy Payoff*:

Gambar 3.4 *Payoff Fuzzy Inference System*



■ Menyusun *matrix payoff*

Dari tabel 3.1 matrik *payoff* (matrik permainan), dapat dijelaskan beberapa ketentuan dasar yang terpenting dalam teori permainan, yakni : Huruf-huruf dalam matriks *payoff* (matriks permainan), menunjukkan hasil dari strategi permainan yang berbeda. *Payoff* antara kontraktor dan subkontraktor adalah harga(diskon), dan ketersediaan stok. Dalam permainan *non zero sum games* nilai permainannya tidak sama dengan nol.

Langkah permainan antara Kontraktor vs subkontraktor :

- Identifikasi jenis *game*.
- Identifikasi *decision makers (players)*.
- *input* strategi setiap *player*.

Jenis Strategi dari subkontraktor :

- 1) Harga (diskon) dan Ketersediaan stok yang diinginkan tipe A maka pendapatan yang akan diperoleh tipe A
- 2) Harga (diskon) dan Ketersediaan stok yang diinginkan tipe B maka pendapatan yang akan diperoleh tipe B

Jenis strategi yang digunakan oleh Kontraktor :

- 1) harga (diskon) dan Ketersediaan stok yang diinginkan tipe 1 maka nilai pengeluaran yang akan diperoleh tipe 1
- 2) harga (diskon) dan Ketersediaan stok yang diinginkan tipe 2 maka pengeluaran yang akan diperoleh tipe 2

Contohnya, 2 – A berarti strategi terpilih adalah dengan pengeluaran kontraktor tipe (2) dan pendapatan subkontraktor tipe (A)

- Menentukan nilai equilibrium/Solusi permainan

Diasumsikan :

1. Kontraktor mengetahui strategi subkontraktor
2. Jika kontraktor memilih strategi (2) adalah yang penting, dan Subkontraktor memilih strategi (A) adalah yang penting, maka yang terpilih adalah titi (2-A)

3.8.2 Menyusun Matriks *payoff output defuzzifikasi*

Cara menyusun matrix *payoff* dalam penelitian ini adalah dengan mengukur atau memprediksi nilai yang spesifik dari strategi setiap pemain yakni para subkontraktor dan kontraktor. *Payoff* antara para subkontraktor yang diperbunkan dinyatakan dalam suatu bentuk ukuran efektivitas seperti memaksimumkan pendapatan. Sedangkan *Payoff* antara subkontraktor dengan kontraktor dinyatakan pula dalam suatu bentuk ukuran yang efektivitas seperti memaksimumkan pendapatan bagi subkontraktor dan meminimalkan pengeluaran bagi kontraktor. Anggapannya bahwa matrix *payoff* diketahui oleh kedua pemain. Matrix *payoff* diisi dengan pendekatan Analisis Biaya dan Ekonomi Teknik. Berikut adalah rumusan dasar yang digunakan untuk menentukan besaran matrix *pay off* (Rumus 3.1 dan rumus 3.2) :

$$\text{Payoff subkontraktor} = \text{Pendapatan} * \% \text{ p pendapatan} \quad (3.1)$$

Dimana :

p = prosentasi *output* defuzzifikasi pendapatan bila strategi subkontraktor diterapkan.

Formula *Payoff* antara subkontraktor diatas digunakan untuk menghitung seberapa besar pendapatan yang diperoleh oleh subkontraktor dengan strategi yang mereka gunakan saat kerjasama pengadaan selama proyek tersebut.

$$\text{Payoff kontraktor} = \text{Pengeluaran} * \% q \text{ pengeluaran} \quad (3.2)$$

Dimana :

q = prosentasi *output* defuzzifikasi pengeluaran bila strategi kontraktor diterapkan.

3.8.3 Menentukan nilai keseimbangan

Apabila perhitungan matrik Payoff antar pemain (*player*) telah diperoleh, secara individual pilihan masing-masing pemain (*player*) adalah berdasarkan pada nilai *payoff* yang paling menguntungkan antara kedua pemain (*player*). Keadaan dimana tidak satupun pemain yang dapat mengubah strateginya, sementara pemain yang lain juga tidak mengubah strateginya.

Strategi matriks akhir setiap baris dan kolomnya telah diketahui setiap pemain (kontraktor – subkontraktor), nilai yang terpilih dari kedua pemain akan ada konsekuensi hasil yang akan didapat antar pemain didalam memilih, dikarenakan setiap pemain mengetahui baris dan kolom mana yang akan menghasilkan nilai optimal, dalam hal ini semisal nilai baris dan kolom terpilih dari kedua pemain yaitu lebih besar dari nilai minim pengeluaran dan lebih kecil dari pendapatan maka kedua belah pihak pemain akan mengalami minim kerugian, begitu pula bila sebaliknya akan memperoleh *maximum* keuntungan atau sama-sama untung (*win-win solution*), dalam artian jika salah satu pemain memilih di luar strategi yang dipahami para pemain, maka nilai hasil yang akan didapat salah satu pemain tersebut akan mengalami kerugian

3.9 Analisis dan interpretasi hasil

Hasil dari pengolahan data selanjutnya dianalisis secara keseluruhan berkaitan dengan permasalahan yang ada. Pada tahapan ini dilakukan analisis dan

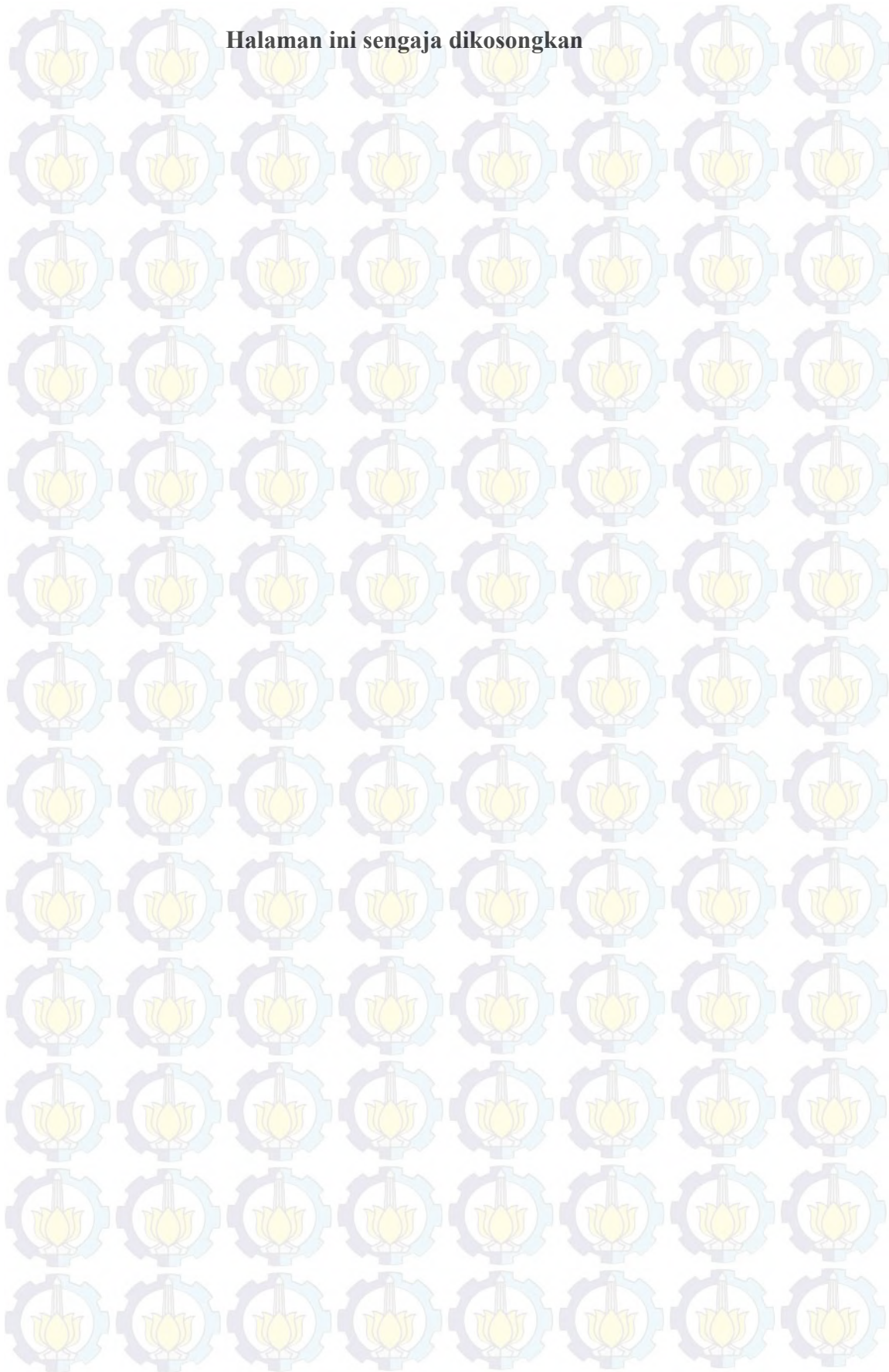
interpretasi model serta dampak adanya skenario strategi yang diasumsikan. Analisis dan interpretasi dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian.

Tabel 3.2 *Matrix payoff* kontraktor – subkontraktor

Permainan non zero sum game		Kontraktor	
		Strategi 1 (SK-1-a dan SK-1-b)	Strategi 2 (SK-2-a dan SK-2-b)
Subkontraktor	Strategi 1 (SS-1-a dan SS-1-b)	SS- 1-a , SK- 1-a	SS-1-b , SK- 2-a
	Strategi 2 (SS-2-a dan SS-2-b)	SS- 2-a , SK-1-b	SS- 2-b , SK- 2-b

Dari hasil tahap pengolahan data, dapat disimpulkan bahwa subkontraktor sebagai pertimbangan dalam pilihan yang nantinya akan masuk kriteria yang sesuai sudut pandang kontraktor dalam pengadaan atau subpekerjaan; *fuzzy logic* sebagai linguistik yang samar dari preferensi responden sebagai penentuan besaran nilai *payoff* dari kualitatif ke kuantitatif yang didapat sedangkan hasil dari *payoff game theory* titik keseimbangan dari kedua pemain menghasilkan nilai yang stokastik dan saling memahami.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pada bagian pengumpulan data ini akan dijelaskan proses pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan alat pengumpulan data yaitu berupa wawancara survey pendahuluan penentuan kriteria dalam pemilihan subkontraktor. Wawancara dilakukan kepada manajer proyek, manajer konstruksi, bagian pengadaan, pemasaran dan bagian pelaksana proyek sebagai responden.

Survey pendahuluan dengan wawancara dilakukan untuk mendapatkan kriteria pelaksana subpekerjaan (subkontraktor) dan untuk mengetahui apa saja variabel penelitian yang dipentingkan oleh kontraktor.

Metode pengambilan lanjutan data sampel dilakukan dengan *purposive sampling* pada kontraktor dan subkontraktor. Wawancara lanjutan digunakan untuk mengetahui preferensi atau tingkat kepentingan kontraktor (subkontraktor) terhadap masing – masing kriteria dan mengestimasi bentuk *membership function* (menentukan seberapa batasan minimum dan maksimum himpunan dan derajat keanggotaan (*member function*) variabel). Sehingga didapatkan bentuk *fuzzy set* yang sesuai.

4.1.1 Data singkat lokasi penelitian

- Nama proyek : Puncak Dharmahusadan Apartemen tower B dan C;
- Luas total bangunan :
Tower B : +/- 64.278 m² (38 Lt, terdiri atas 1 Lt Semi Basement, 3 Lt parkir, 1 Lt Utilitas, 32 Lt Apartemen, 1 atap);
Tower C : +/- 71.442 m² (38 Lt, terdiri atas 1 Lt Semi Basement, 3 Lt parkir, 1 Lt Utilitas, 32 Lt Apartemen, 1 atap)
- Struktur bawah menggunakan tiang pancang
- Nilai Pekerjaan Tiang Pancang : Rp 18.741.592.000,-
- Kebutuhan tiang pancang kurang lebih dibutuhkan 1100 titik tiang *spun pile* Rp15.709.952.000,-

Gambar 4.1 Lokasi Penelitian



Gambar 4.2 tampak Depan Rencana Proyek



Gambar 4.3 Pekerjaan Struktur Pondasi Tower



4.1.2 Pemilihan pemain

Hanya ada satu pemain subkontraktor yang sesuai dengan ketentuan komparasi (kualifikasi) kontraktor dan telah memenuhi persyaratan minimum jumlah *player* matriks permainan.

4.2 Pemillihan Strategi

Dari strategi yang mungkin termasuk dalam kerjasama subkontraktor – kontraktor subekerjaan tiang pancang sebagai berikut:

1. Mutu,
2. Sistem pembayaran (DP),
3. Kemampuan finansial (*real cost*),
4. Metode *delivery*,
5. *Schedule (Progress)*,
6. Kemampuan teknis,
7. Harga (diskon),
8. Ketersediaan produk (stok).

Selanjutnya strategi dalam objek penelitian tersaring / terpilih dan yang tepat yaitu

1. Harga (diskon) dan
2. Ketersediaan stok.

Kriteria 1 s/d 6 telah ditentukan dari awal oleh pihak kontraktor (saat komparasi) dan merupakan bagian dari kualifikasi pemilihan subkontraktor, disebutkan pula dalam pustaka Lavelle dan Derek dkk (2007). Sedangkan kriteria 7 dan 8 merupakan kriteria setelah tahap komparasi yang merupakan tahap *modeling* pembagian keuntungan dalam kerjasama dan korelasi dengan ketersediaan stok dalam kuantitas kemampuan kesiapan pasok dalam pekerjaan tiang pancang selama durasi ± 3 bulan, sehingga ada relevansi harga dan biaya pengerjaan dalam pembagian keuntungan dan penghematan. Relevansi harga (diskon) dan ketersediaan stok subkontraktor, jika semakin besar diskon yang diberikan maka keuntungan semakin kecil dan atau semakin kecil ketersediaan stok (kata lain harga produksi tiang menjadi tinggi) maka keuntungan semakin kecil, sebaliknya bagi kontraktor jika diskon yang diterima semakin besar maka penghematan semakin besar dan atau semakin besar ketersediaan stok maka penghematan semakin besar.

4.3 Perhitungan *payoff*

Selanjutnya dilakukan perhitungan *payoff* sebagai berikut:



Fuzzy logic digunakan untuk menentukan nilai *payoff* yang bersifat kualitatif (samar) dan merubahnya kedalam penilaian kuantitatif *payoff* yang tegas (*crisp*)

Dalam pelaksanaan *fuzzy logic* ada 3 (tiga) tahapan yaitu:

1. Fuzzifikasi : mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut (derajat keanggotaan).
2. Inferensi : mengkombinasikan himpunan-himpunan *fuzzy* variabel *input* ke dalam aturan – aturan atau proses penggabungan banyak aturan dan melakukan tahapan implikasi (memotong konsekuen *fuzzy*) dan agregasi aturan berdasarkan operator *fuzzy*,
3. Defuzzifikasi : proses pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi. *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*.

4.3.1 Fuzzifikasi

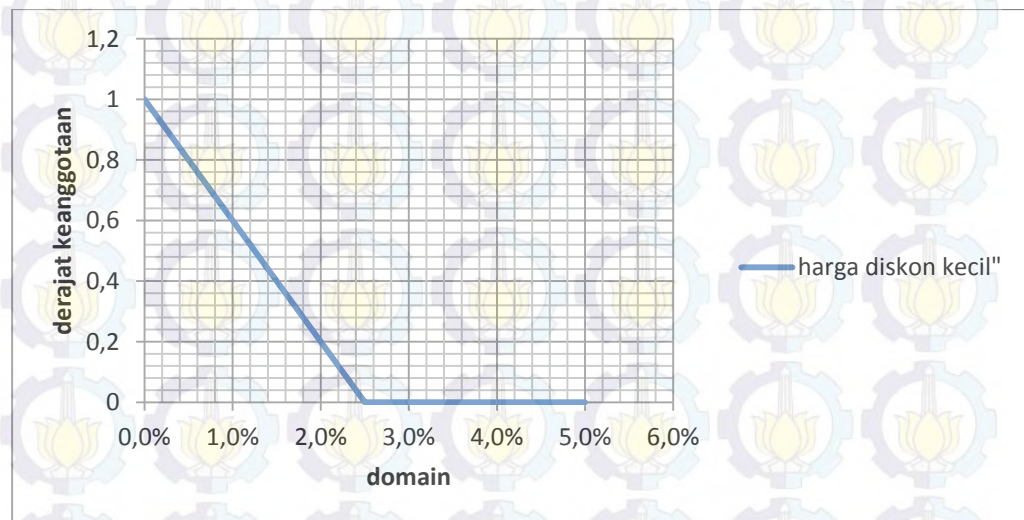


Pembentukan himpunan *fuzzy* (fuzzifikasi) dilakukan dengan metode *direct rating* dipilih dengan cara menanyakan langsung kepada subkontraktor dan kontraktor untuk menentukan derajat keanggotaan suatu nilai persentase. Seperti terlihat pada tabel 4.1 s/d tabel 4.3

Tabel 4.1 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon kecil

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	KECIL	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%											X
2	0,5%									X		
3	1%							X				
4	1,5%					X						
5	2%			X								
6	2,5%	X										
7	3%	X										
8	3,5%	X										
9	4%	X										
10	4,5	X										
11	5%	X										

Gambar 4.4 Grafik *member function* variabel diskon kecil

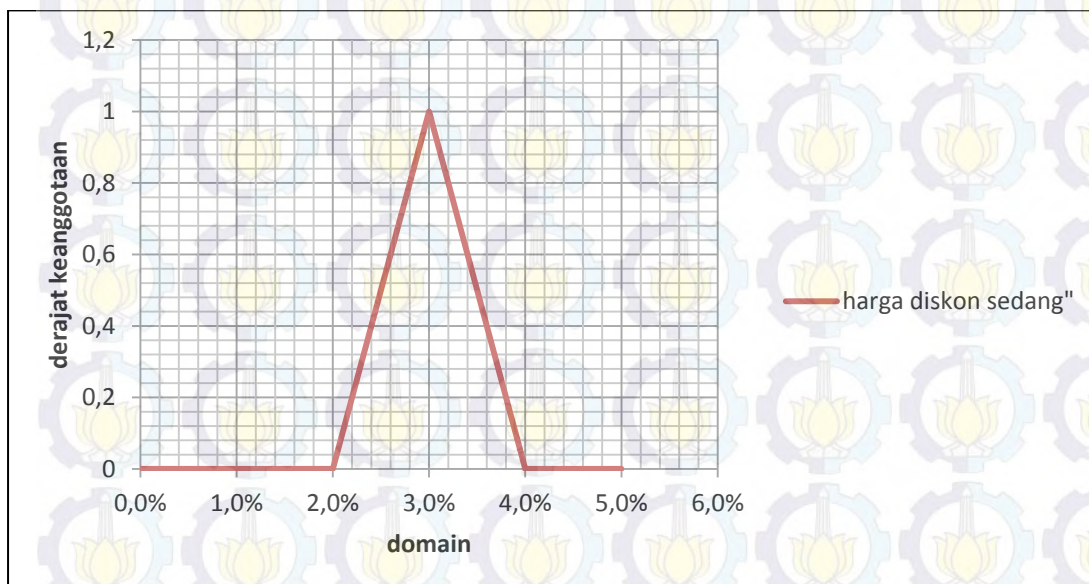


Dari preferensi ekspert pada tabel 4.1 penilaian derajat keanggotaan dibentuk derajat keanggotaan himpunan diskon kecil sebagai *member function* variabel diskon kecil dengan *domain* 0 % s/d 2 %, selanjutnya dibentuk grafik *member function* variabel diskon kecil, seperti terlihat pada gambar 4.4.

Tabel 4.2 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon sedang

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	SEDANG	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%	X										
2	0,5%	X										
3	1%	X										
4	1,5%	X										
5	2%	X										
6	2,5%						X					
7	3%											X
8	3,5%						X					
9	4%	X										
10	4,5	X										
11	5%	X										

Gambar 4.5 Grafik *member function* kriteria diskon sedang

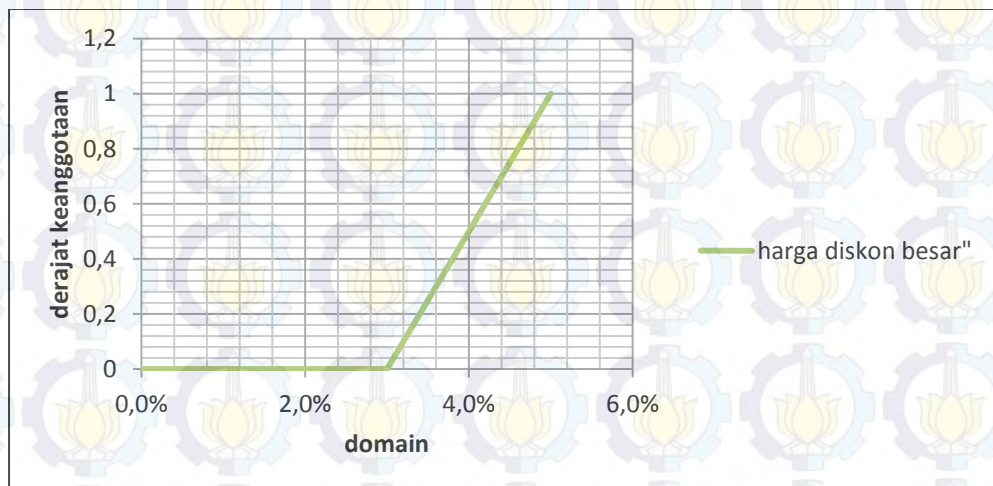


Dari preferensi expert pada tabel 4.2 penilaian derajat keanggotaan, dibentuk derajat keanggotaan himpunan diskon sedang sebagai *member function* variabel diskon kecil dengan *domain* 2,5 % s/d 3,5 %, selanjutnya dibentuk grafik *member function* variabel diskon sedang, seperti terlihat pada gambar 4.5.

Tabel 4.3 Penilaian derajat keanggotaan himpunan diskon besar

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	BESAR	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%	X										
2	0,5%	X										
3	1%	X										
4	1,5%	X										
5	2%	X										
6	2,5%	X										
7	3%	X										
8	3,5%			X								
9	4%						X					
10	4,5%							X				
11	5%										X	

Gambar 4.6 Grafik *member function* kriteria harga besar



Dari preferensi expert pada tabel 4.3 penilaian derajat keanggotaan, dibentuk derajat keanggotaan himpunan diskon sedang sebagai *member function* variabel diskon besar dengan domain 3 % s/d 5 %, selanjutnya dibentuk grafik *member function* variabel diskon besar, seperti terlihat pada gambar 4.6.

4.3.1.1 Memodelkan Variabel Fuzzy

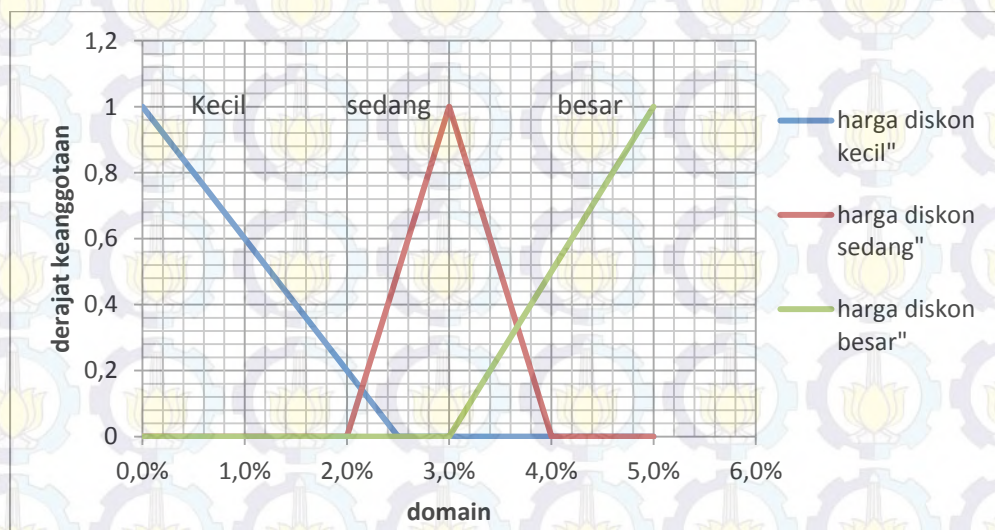
Dengan menggunakan metode secara manual, ada beberapa langkah yang ditempuh. Langkah-langkah tersebut adalah: mendefinisikan variabel fuzzy, inferensi, dan defuzifikasi (menentukan *output crisp*).

4.3.1.1.1 Memodelkan Variabel Fuzzy subkontraktor

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu: harga (diskon), ketersediaan stok dan keuntungan.

- a. **Harga (diskon);** terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG dan BESAR. Fungsi keanggotaan harga (diskon) direpresentasikan pada Gambar 4.7

Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan kriteria Harga (diskon) subkontraktor



Fungsi Keanggotaan Himpunan KECIL, SEDANG dan BESAR dari variabel harga (diskon) :

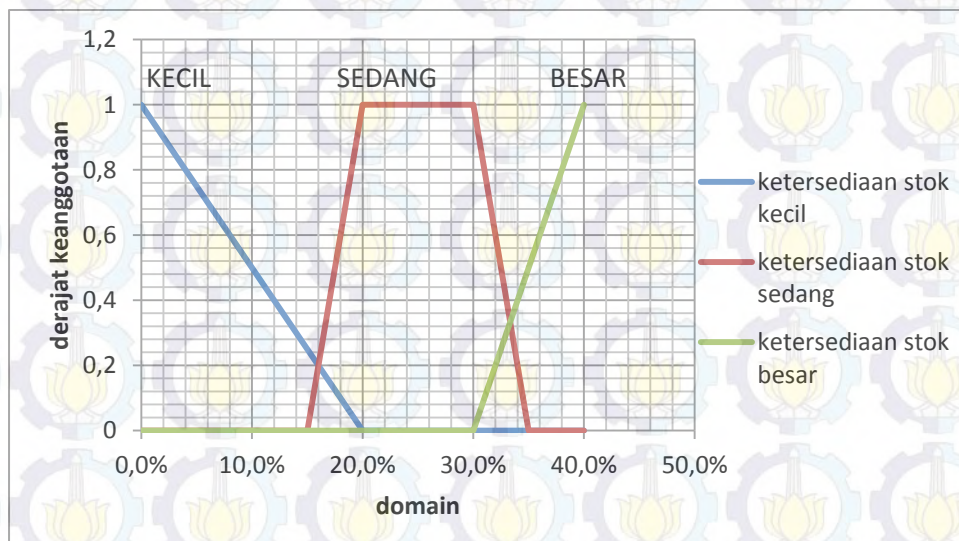
$$\mu_{\text{disk KECIL}}[X] = \begin{cases} 1 & , \quad x \leq 0 \% \\ \frac{2,5 \% - x}{2,5 \% - 0 \%} & , \quad 0 \% \leq x \leq 2,5 \% \\ 0 & , \quad x \geq 2,5 \% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{dsk SEDANG}}[X] = \begin{cases} 0, & x \leq 2\% \text{ atau } x \geq 4\% \\ \frac{x - 2,5\%}{4\% - 2,5\%}, & 2,5\% \leq x \leq 3\% \\ \frac{4\% - x}{4\% - 3\%}, & 3\% \leq x \leq 4\% \\ 0, & 3\% \geq x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{dsk BESAR}}[X] = \begin{cases} \frac{x - 3\%}{5 - 3\%}, & 3\% \leq x \leq 5\% \\ 1, & x \geq 5\% \end{cases}$$

- b. **Ketersediaan stok**; terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG dan BESAR. Fungsi keanggotaan ketersediaan stok direpresentasikan pada Gambar 4.8

Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan kriteria ketersediaan stok subkontraktor



Fungsi Keanggotaan Himpunan KECIL, SEDANG, dan BESAR dari variabel kemampuan ketersediaan stok :

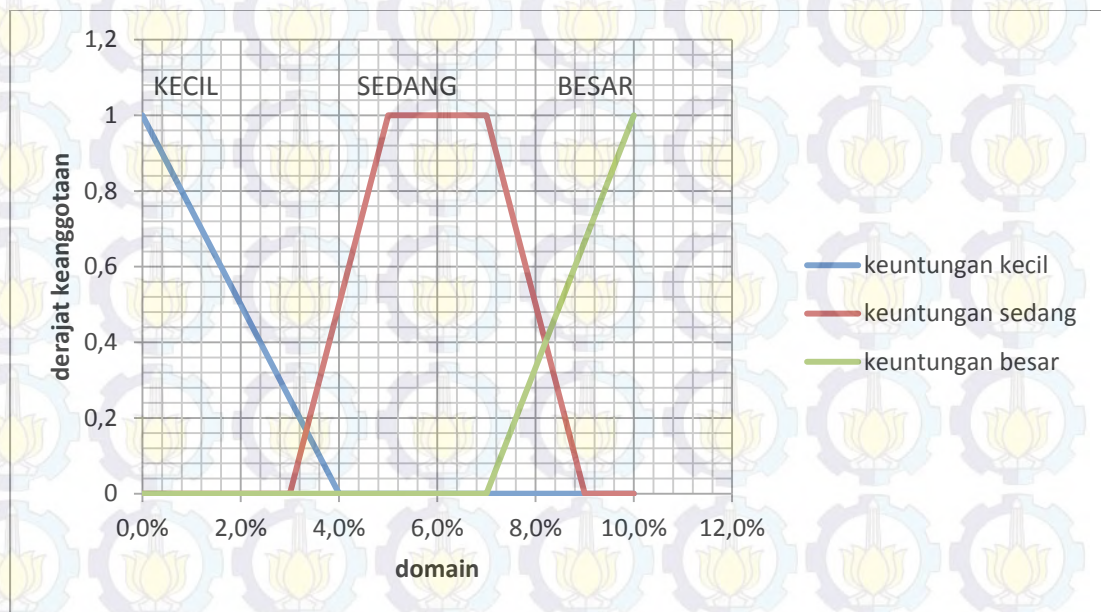
$$\mu_{\text{stok KECIL}}[y] = \begin{cases} 1, & y \leq 0\% \\ \frac{20\% - y}{20\% - 0\%}, & 0\% \leq y \leq 20\% \\ 0, & y \geq 20\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{stok SEDANG}}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 15\% \text{ atau } y \geq 35\% \\ \frac{y - 10\%}{20\% - 4\%}, & 10\% \leq y \leq 20\% \\ \frac{35\% - y}{35\% - 30\%}, & 30\% \leq y \leq 35\% \\ 1, & 20\% \leq y \leq 30\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{stok BESAR}}[y] = \begin{cases} 0, & 30\% \geq y \\ \frac{y - 30\%}{40\% - 30\%}, & 30\% \leq y \leq 40\% \\ 1, & y \geq 40\% \end{cases}$$

- c. **Keuntungan**; terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG, dan BESAR. Fungsi keanggotaan himpunan KECIL, SEDANG, dan BESAR dari variabel keuntungan direpresentasikan pada Gambar 4.9.

Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan kriteria keuntungan subkontraktor



Fungsi Keanggotaan Himpunan TURUN, SEDANG dan NAIK dari variabel keuntungan:

$$\mu_{\text{untungKECIL}}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 0\% \\ \frac{4\% - z}{4\% - 0\%}, & 0\% \leq z \leq 4\% \\ 0, & z \geq 4\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{untungSEDANG}}[z] = \begin{cases} 1 & , \quad 5\% \leq z \leq 7\% \\ \frac{z - 3\%}{5\% - 3\%} & , \quad 3\% \leq z \leq 5\% \\ \frac{9\% - z}{9\% - 7\%} & , \quad 7\% \leq z \leq 9\% \\ 0 & , \quad z \leq 3\% \text{ atau } z \geq 9\% \end{cases}$$

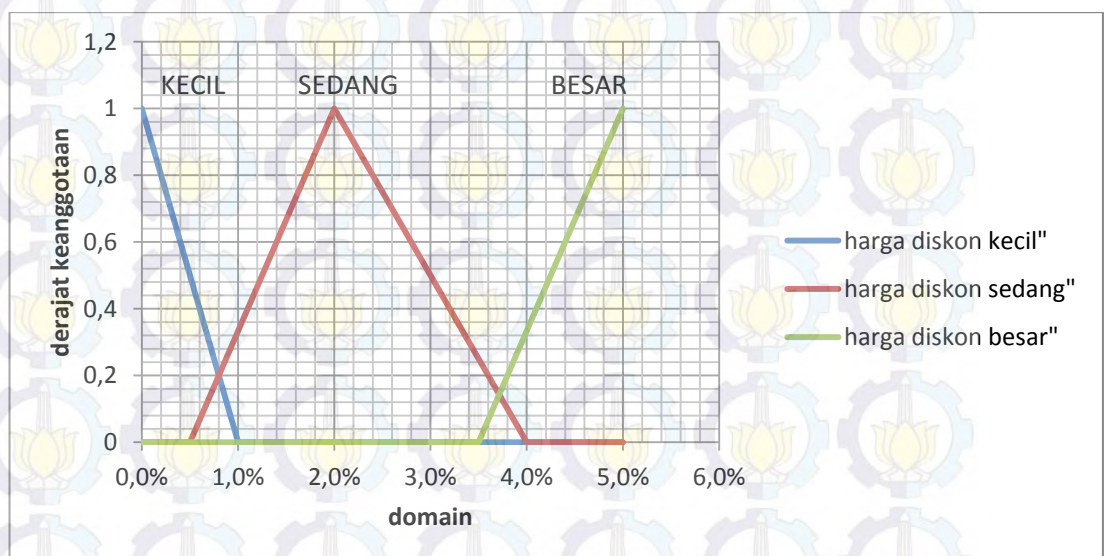
$$\mu_{\text{untungBESAR}}[z] = \begin{cases} 0 & , \quad 7\% \geq z \\ \frac{z - 7\%}{10\% - 7\%} & , \quad 7\% \leq z \leq 10\% \\ 1 & , \quad z \geq 10\% \end{cases}$$

4.3.1.1.2 Memodelkan variabel fuzzy Kontraktor

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu: harga (diskon), ketersediaan stok dan penghematan .

- a. **Harga (diskon);** terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG dan BESAR. Fungsi keanggotaan harga (diskon) direpresentasikan pada Gambar 4.10

Gambar 4.10 Fungsi Keanggotaan kriteria Harga (diskon) kontraktor



Fungsi Keanggotaan Himpunan KECIL, SEDANG dan BESAR dari variabel harga (diskon) :

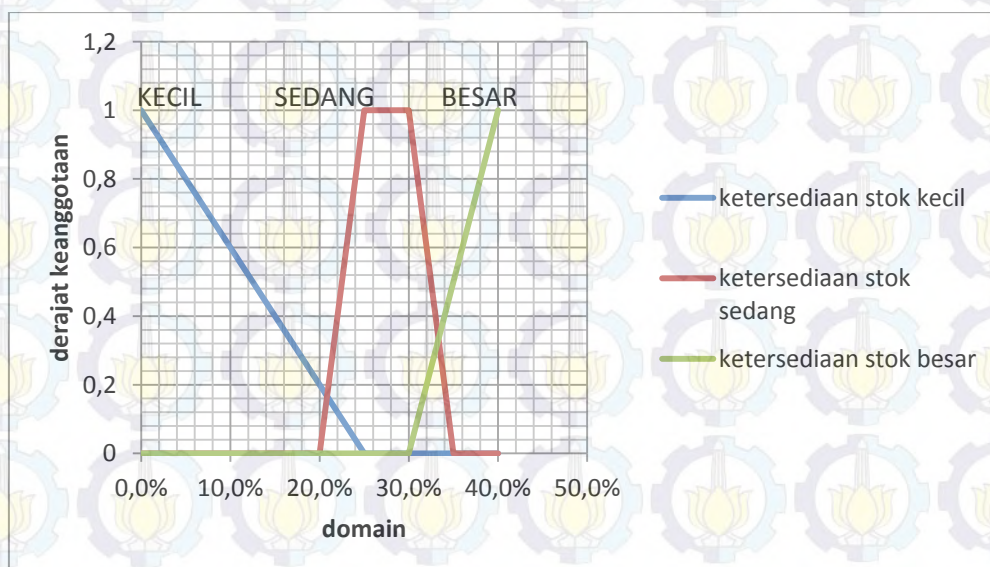
$$\mu_{\text{dsk KECIL}}[X] = \begin{cases} 1, & x \leq 0\% \\ \frac{1\% - x}{1\% - 0\%}, & 0\% \leq x \leq 1\% \\ 0, & x \geq 1\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{dsk SEDANG}}[X] = \begin{cases} 0, & x \leq 0,5\% \text{ atau } x \geq 4\% \\ \frac{x - 0,5\%}{2\% - 0,5\%}, & 0,5\% \leq x \leq 2\% \\ \frac{4\% - x}{4\% - 2\%}, & 2\% \leq x \leq 4\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{dsk BESAR}}[X] = \begin{cases} 0, & 3,5\% \geq x \\ \frac{x - 3,5\%}{5\% - 3\%}, & 3,5\% \leq x \leq 5\% \\ 1, & x \geq 5\% \end{cases}$$

b. **Ketersediaan stok**; terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG dan BESAR. Fungsi keanggotaan ketersediaan stok direpresentasikan pada Gambar 4.11

Gambar 4.11 Fungsi Keanggotaan kriteria ketersediaan stok kontraktor



Fungsi Keanggotaan Himpunan KECIL, SEDANG, dan BESAR dari variabel kemampuan ketersediaan stok :

$$\mu_{\text{stok KECIL}}[y] = \begin{cases} 1, & y \leq 0\% \\ \frac{25\% - y}{25\% - 0\%}, & 0\% \leq y \leq 25\% \\ 0, & y \geq 25\% \end{cases}$$

$$\mu_{\text{stok SEDANG}}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 20\% \text{ atau } y \geq 35\% \\ \frac{y - 20\%}{25\% - 20\%}, & 20\% \leq y \leq 25\% \\ \frac{35\% - y}{35\% - 30\%}, & 30\% \leq y \leq 35\% \\ 1, & 25\% \leq y \leq 30\% \end{cases}$$

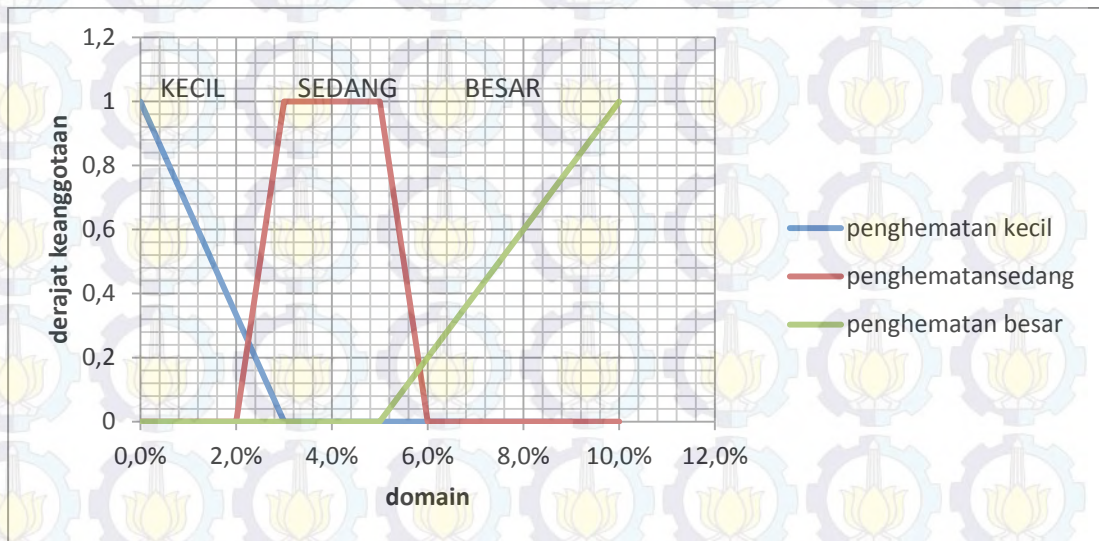
$$\mu_{\text{stok BESAR}}[y] = \begin{cases} 0, & 30\% \geq y \\ \frac{y - 30\%}{40\% - 30\%}, & 30\% \leq y \leq 40\% \\ 1, & y \geq 40\% \end{cases}$$

- c. **Penghematan**; terdiri dari 3 himpunan fuzzy, yaitu KECIL, SEDANG, dan BESAR. Fungsi keanggotaan himpunan KECIL, SEDANG, dan BESAR dari variabel Persediaan direpresentasikan pada Gambar 4.12

Fungsi Keanggotaan Himpunan KECIL, SEDANG, dan BESAR dari variabel penghematan :

$$\mu_{\text{pnghm KECIL}}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 0\% \\ \frac{3\% - z}{3\% - 0\%}, & 0\% \leq z \leq 3\% \\ 0, & z \geq 3\% \end{cases}$$

Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan penghematan kontraktor

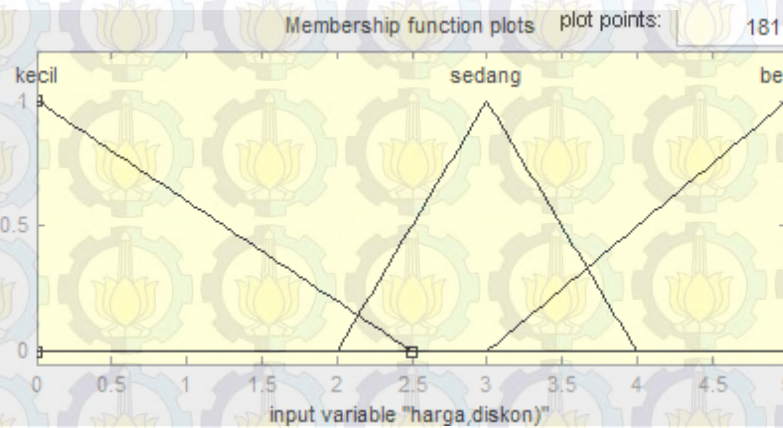


$$\mu_{\text{pnghm SEDANG}}[z] = \begin{cases} 0 & , \quad z \leq 2\% \text{ atau } z \geq 6\% \\ \frac{z - 2\%}{3\% - 2\%} & , \quad 2\% \leq z \leq 3\% \\ \frac{6\% - z}{6\% - 5\%} & , \quad 5\% \leq z \leq 6\% \\ 1 & , \quad 3\% \leq z \leq 5\% \end{cases}$$

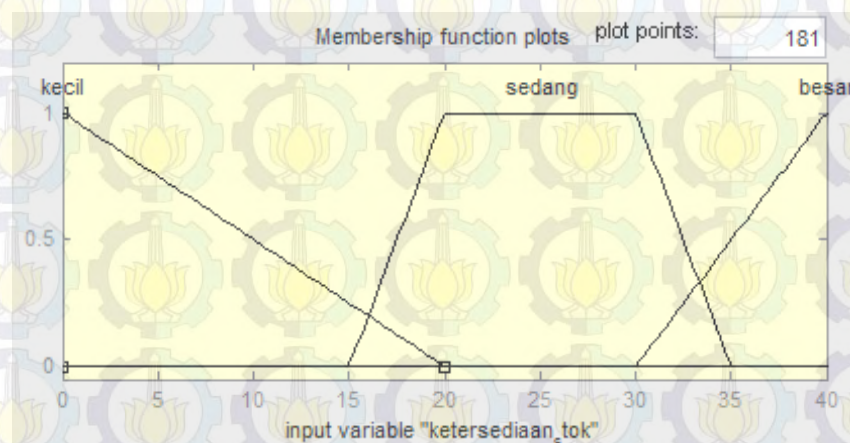
$$\mu_{\text{pnghm BESAR}}[z] = \begin{cases} 0 & , \quad 5\% \geq z \\ \frac{z - 5\%}{10\% - 5\%} & , \quad 5\% \leq z \leq 10\% \\ 1 & , \quad z \geq 10\% \end{cases}$$

4.3.1.1.3 Memodelkan Variabel Fuzzy MATLAB

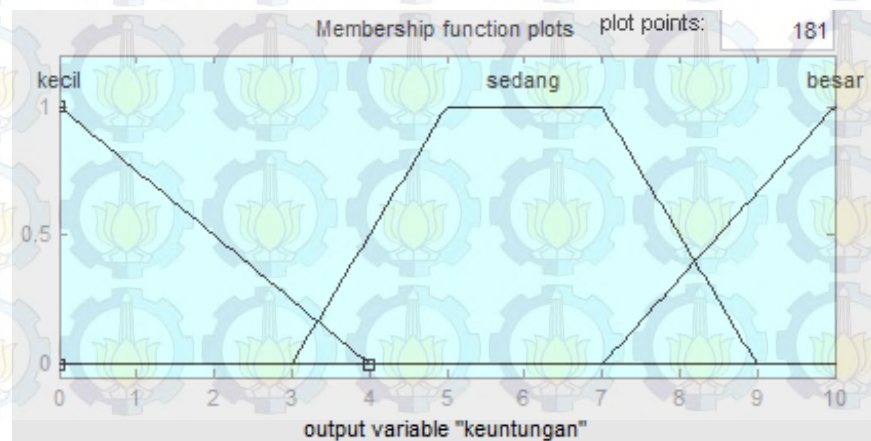
Gambar 4.13 Input variabel Harga (diskon) preferensi subkontraktor



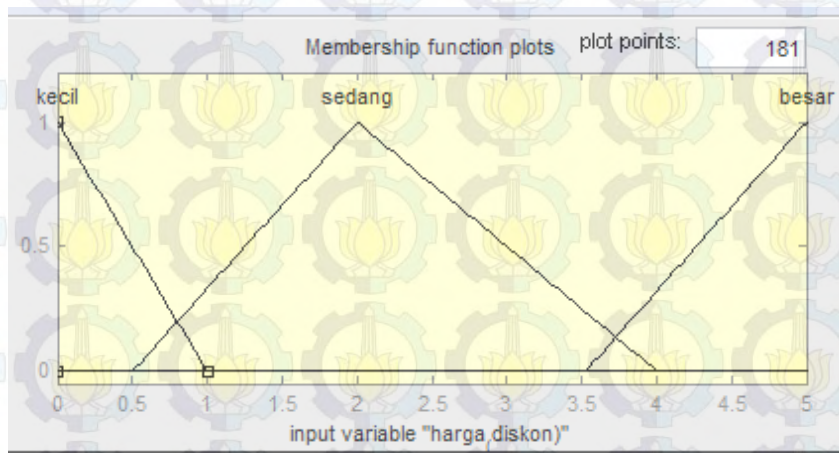
Gambar 4.14 Input variabel ketersediaan stok preferensi subkontraktor



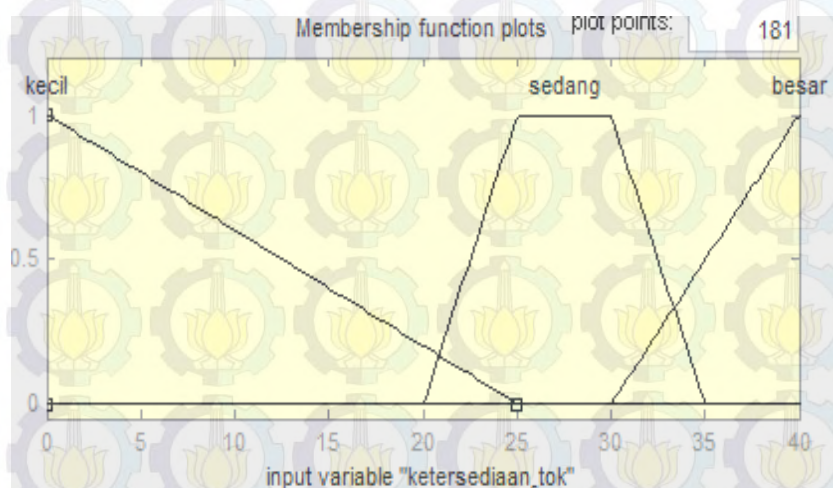
Gambar 4.15 Output variabel keuntungan preferensi subkontraktor



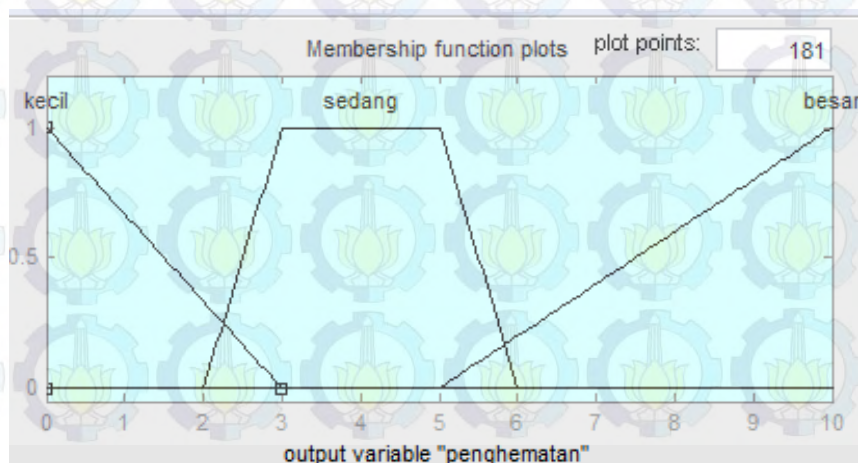
Gambar 4.16 Input variabel harga (diskon) preferensi kontraktor



Gambar 4.17 Input variabel ketersediaan stok preferensi kontraktor



Gambar 4.18 Output variabel penghematan preferensi kontraktor



4.3.2 Inferensi

Penentuan aturan (*rule*) inferensi berdasarkan wawancara dengan penyedia jasa kontraktor dan subkontraktor



4.3.2.1 Rule Inferensi subkontraktor

Dengan mengkombinasikan himpunan – himpunan *fuzzy fuzzifikasi* subkontraktor tersebut, maka diperoleh sembilan aturan (*rule*) *fuzzy* variabel **harga (diskon), ketersediaan stok dan keuntungan,**

Rule inferensi:

1. [R1] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok KECIL THEN Keuntungan SEDANG
2. [R2] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok SEDANG THEN Keuntungan BESAR
3. [R3] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok BESAR THEN Keuntungan BESAR
4. [R4] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok SEDANG THEN Keuntungan KECIL
5. [R5] IF Harga (diskon) SEDANG And ketersediaan stok KECIL THEN Keuntungan KECIL
6. [R6] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok BESAR THEN keuntungan SEDANG
7. [R7] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok KECIL THEN Keuntungan KECIL
8. [R8] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok SEDANG THEN Keuntungan SEDANG
9. [R9] IF Harga (diskon) BESAR AND ketersediaan stok BESAR THEN Keuntungan SEDANG

Contoh Perhitungan: (Diskon 1% dan Stok 30%)

- [R1] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok KECIL THEN keuntungan SEDANG ;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R1] yang notasikan dengan α_1 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \mu_{\text{disk KECIL}} \cap \mu_{\text{stok KECIL}} \\ &= \max (\mu_{\text{disk KECIL}} [x], \mu_{\text{stok KECIL}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan SEDANG dalam aturan fuzzy [R1] pada persamaan

$$\alpha_1 = 0,6 \quad \text{maka} \quad Z_1 = 5 \%$$

- [R2] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok SEDANG THEN keuntungan BESAR ;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R2] yang dinotasikan dengan α_2 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}A_2 &= \mu_{\text{disk KECIL}} \cap \mu_{\text{stok SEDANG}} \\ &= \max (\mu_{\text{disk KECIL}} [x], \mu_{\text{stok SEDANG}} [y]) \\ &= \max (0,6, 1) \\ &= 1\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan BESAR dalam aturan fuzzy [R2] pada persamaan

$$\alpha_2 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_2 = 8,91 \%$$

- [R3] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok BESAR THEN keuntungan BESAR;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R3] yang dinotasikan dengan α_3 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \mu_{\text{DSK KECIL}} \cap \mu_{\text{STOK BESAR}} \\ &= \max (\mu_{\text{DSK KECIL}} [x], \mu_{\text{stok BESAR}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan BESAR dalam aturan fuzzy [R3] pada persamaan

$$\alpha_3 = 0 \quad \text{maka} \quad z_3 = 5 \%$$

- [R4] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok SEDANG THEN keuntungan KECIL;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R4] yang dinotasikan dengan α_4 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_4 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok SEDANG}} \\ &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok SEDANG}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan KECIL dalam aturan fuzzy [R4] pada persamaan

$$\alpha_4 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_4 = 5\%$$

- [R5] IF Harga (diskon) SEDANG And ketersediaan stok KECIL THEN keuntungan KECIL;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R5] yang dinotasikan dengan α_5 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_5 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok KECIL}} \\ &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok KECIL}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan KECIL dalam aturan fuzzy [R5] pada persamaan

$$\alpha_5 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_5 = 5 \%$$

- [R6] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok BESAR THEN keuntungan SEDANG;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R6] yang dinotasikan dengan α_6 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_6 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok BESAR}} \\ &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok BESAR}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan SEDANG dalam aturan fuzzy [R6] pada persamaan

$$\alpha_6 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_6 = 5 \%$$

- [R7] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok KECIL THEN keuntungan KECIL;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R7] yang dinotasikan dengan α_7 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_7 &= \mu_{\text{diskBESAR}} \cap \text{stok KECIL} \\ &= \max(\mu_{\text{diskBESAR}}[x], \text{stokKECIL}[y]) \\ &= \max(0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan KECIL dalam aturan fuzzy [R7] pada persamaan

$$\alpha_7 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_7 = 5\%$$

- [R8] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok SEDANG THEN keuntungan SEDANG;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R8] yang dinotasikan dengan α_8 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_8 &= \mu_{\text{diskBESAR}} \cap \text{stokSEDANG} \\ &= \max(\mu_{\text{diskBESAR}}[x], \text{stokSEDANG}[y]) \\ &= \max(0, 1) \\ &= 1\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan SEDANG dalam aturan fuzzy [R8] pada persamaan

$$\alpha_8 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_8 = 5\%$$

- [R9] IF Harga (diskon) BESAR AND ketersediaan stok BESAR THEN keuntungan SEDANG;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R9] yang dinotasikan dengan α_9 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \mu_{\text{disk BESAR}} \cap \mu_{\text{stok BESAR}} \\ &= \max(\mu_{\text{diskBESAR}}[x], \mu_{\text{stokBESAR}}[y]) \\ &= \max(0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan keuntungan SEDANG dalam aturan fuzzy [R9] pada persamaan

$$\alpha_9 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_9 = 5\%$$

4.3.2.2 Rule inferensi kontraktor

Dengan mengkombinasikan himpunan – himpunan fuzzy fuzzifikasi **kontraktor** tersebut, maka diperoleh sembilan aturan fuzzy variabel **harga (diskon)**, **ketersediaan stok** dan **penghematan**,

Rule inferensi

1. [R1] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR
2. [R2] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan SEDANG
3. [R3] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok BESAR THEN penghematan KECIL
4. [R4] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan SEDANG
5. [R5] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR
6. [R6] IF Harga (diskon) SEDANG And ketersediaan stok BESAR THEN penghematan SEDANG
7. [R7] IF Harga (diskon) BESAR AND ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR
8. [R8] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan BESAR
9. [R9] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok BESAR THEN penghematan BESAR

Contoh Perhitungan: (Diskon 2% dan Stok 40%)

- [R1] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR ;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R1] yang notasikan dengan α_1 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha_1 = \mu_{\text{diskon KECIL}} \cap \mu_{\text{stok KECIL}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \max (\mu_{\text{disk KECIL}} [x], \mu_{\text{stokKECIL}} [y]) \\
 &= \max (0, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan BESAR dalam aturan fuzzy [R1] pada persamaan

$$\alpha_1 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_1 = 5 \%$$

- [R2] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan SEDANG ;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R2] yang dinotasikan dengan α_2 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_2 &= \mu_{\text{disk KECIL}} \cap \mu_{\text{stok SEDANG}} \\
 &= \max (\mu_{\text{disk KECIL}} [x], \mu_{\text{stok SEDANG}} [y]) \\
 &= \max (0, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan SEDANG dalam aturan fuzzy [R2] pada persamaan

$$\alpha_2 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_2 = 5 \%$$

- [R3] IF Harga (diskon) KECIL AND ketersediaan stok BESAR THEN penghematan KECIL;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R3] yang dinotasikan dengan α_3 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_3 &= \mu_{\text{DSK KECIL}} \cap \mu_{\text{STOK BESAR}} \\
 &= \max (\mu_{\text{DSK KECIL}} [x], \mu_{\text{stokBESAR}} [y]) \\
 &= \max (0, 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan KECIL dalam aturan fuzzy [R3] pada persamaan

$$\alpha_3 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_3 = 5 \%$$

- [R4] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan SEDANG;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R4] yang dinotasikan dengan α_4 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_4 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok SEDANG}} \\
 &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok SEDANG}} [y]) \\
 &= \max (1, 0) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan SEDANG dalam aturan fuzzy [R4] pada persamaan

$$\alpha_4 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_4 = 5 \%$$

- [R5] IF Harga (diskon) SEDANG And ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R5] yang dinotasikan dengan α_5 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_5 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok KECIL}} \\
 &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok KECIL}} [y]) \\
 &= \max (1, 0) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan BESAR dalam aturan fuzzy [R5] pada persamaan

$$\alpha_5 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_5 = 1,33 \%$$

- [R6] IF Harga (diskon) SEDANG AND ketersediaan stok BESAR THEN penghematan SEDANG;
Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R6] yang dinotasikan dengan α_6 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \alpha_6 &= \mu_{\text{disk SEDANG}} \cap \mu_{\text{stok BESAR}} \\
 &= \max (\mu_{\text{disk SEDANG}} [x], \mu_{\text{stok BESAR}} [y]) \\
 &= \max (1, 1) \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan SEDANG dalam aturan fuzzy [R6] pada persamaan

$$\alpha_6 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_6 = 4\%$$

- [R7] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok KECIL THEN penghematan BESAR;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R7] yang dinotasikan dengan α_7 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_7 &= \mu_{\text{diskBESAR}} \cap \mu_{\text{stok KECIL}} \\ &= \max (\mu_{\text{diskBESAR}} [x], \mu_{\text{stokKECIL}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan BESAR dalam aturan fuzzy [R7] pada persamaan

$$\alpha_7 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_7 = 5 \%$$

- [R8] IF Harga (diskon) BESAR And ketersediaan stok SEDANG THEN penghematan BESAR;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R8] yang dinotasikan dengan α_8 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha_8 &= \mu_{\text{diskBESAR}} \cap \mu_{\text{stokSEDANG}} \\ &= \max (\mu_{\text{diskBESAR}} [x], \mu_{\text{stokSEDANG}} [y]) \\ &= \max (0, 0) \\ &= 0\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan BESAR dalam aturan fuzzy [R8] pada persamaan

$$\alpha_8 = 0 \quad \text{maka} \quad Z_8 = 5 \%$$

- [R9] IF Harga (diskon) BESAR AND ketersediaan stok BESAR THEN penghematan BESAR;

Nilai keanggotaan anteseden untuk aturan fuzzy [R9] yang dinotasikan dengan α_9 diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

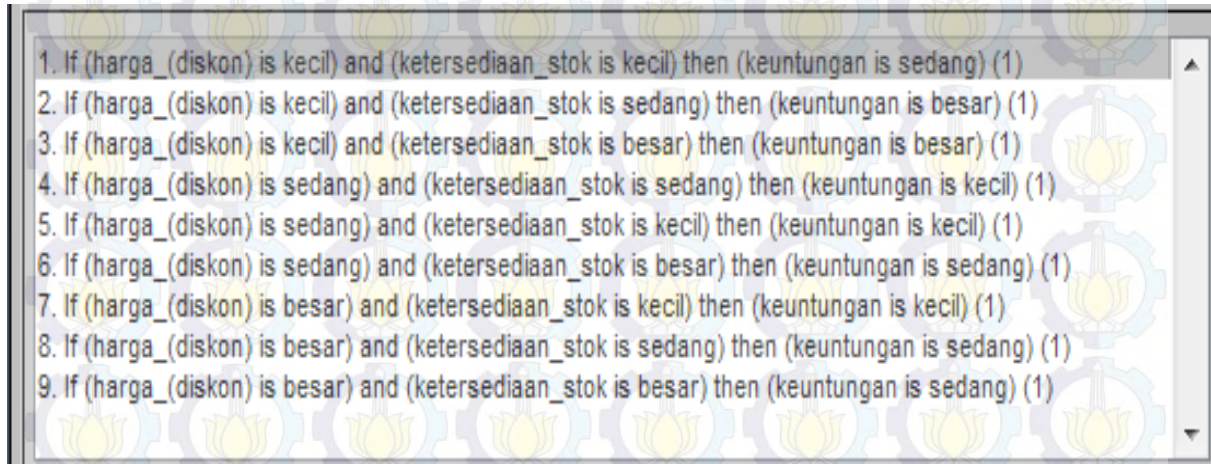
$$\begin{aligned}\alpha_9 &= \mu_{\text{disk BESAR}} \cap \mu_{\text{stok BESAR}} \\ &= \max (\mu_{\text{diskBESAR}} [x], \mu_{\text{stokBESAR}} [y]) \\ &= \max (0, 1) \\ &= 1\end{aligned}$$

Menurut fungsi keanggotaan himpunan penghematan BESAR dalam aturan fuzzy [R9] pada persamaan

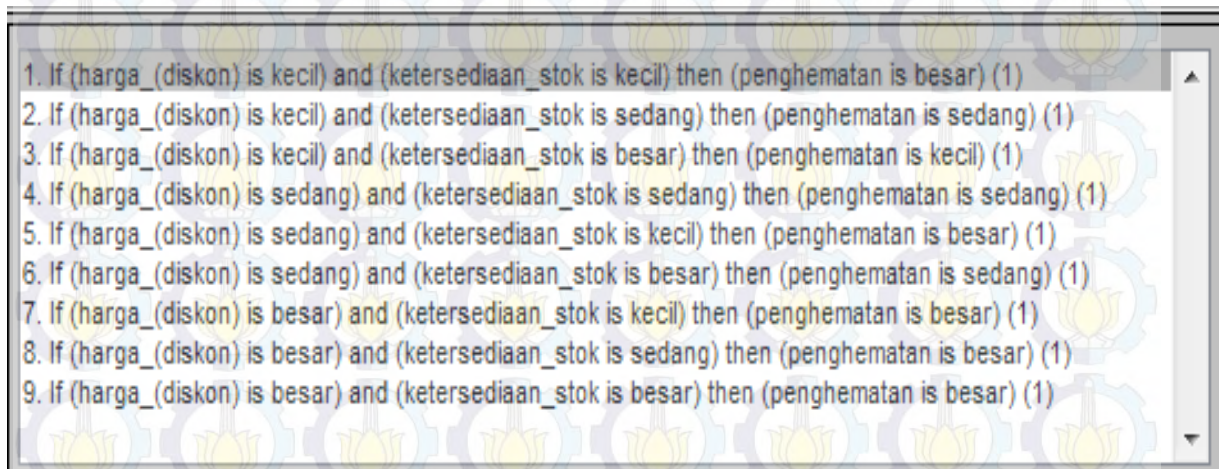
$$\alpha_9 = 1 \quad \text{maka} \quad Z_9 = 5\%$$

4.3.2.3 Rule Fuzzy Inferensi MATLAB

Gambar 4.19 Edit Rule Fuzzy MATLAB Inferensi subkontraktor



Gambar 4.20 Edit Rule Fuzzy MATLAB Inferensi kontraktor



4.3.3 Deffuzzifikasi



4.3.3.1 Defuzzifikasi subkontraktor

Contoh perhitungan defuzzifikasi preferensi subkontraktor dengan harga (diskon) 1% dan ketersediaan stok 30% ,untuk menentukan output crisp, digunakan defuzzifikasi rata-rata terpusat, (Z) yaitu:

$$Z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4 + \alpha_5 * z_5 + \alpha_6 * z_6 + \alpha_7 * z_7 + \alpha_8 * z_8 + \alpha_9 * 9}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9}$$

$$\frac{0 * 5\% + 1 * 8,91\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\%}{0 + 1 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}$$

$$Z \text{ (keuntungan)} = 8,91\%$$

- Maka dengan harga (Diskon) yang diberikan sebesar 1% dari harga penawaran dan ketersediaan stok sebesar 30% perbulan maka didapatkan besar keuntungan sebesar 8,91 %

4.3.3.2 Defuzzifikasi kontraktor

Contoh perhitungan defuzzifikasi preferensi kontraktor dengan harga (diskon) 2% dan ketersediaan stok 40%, untuk menentukan *output* crisp, digunakan defuzzifikasi rata-rata terpusat (Z), yaitu:

$$Z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_3 * z_3 + \alpha_4 * z_4 + \alpha_5 * z_5 + \alpha_6 * z_6 + \alpha_7 * z_7 + \alpha_8 * z_8 + \alpha_9 * 9}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8 + \alpha_9}$$

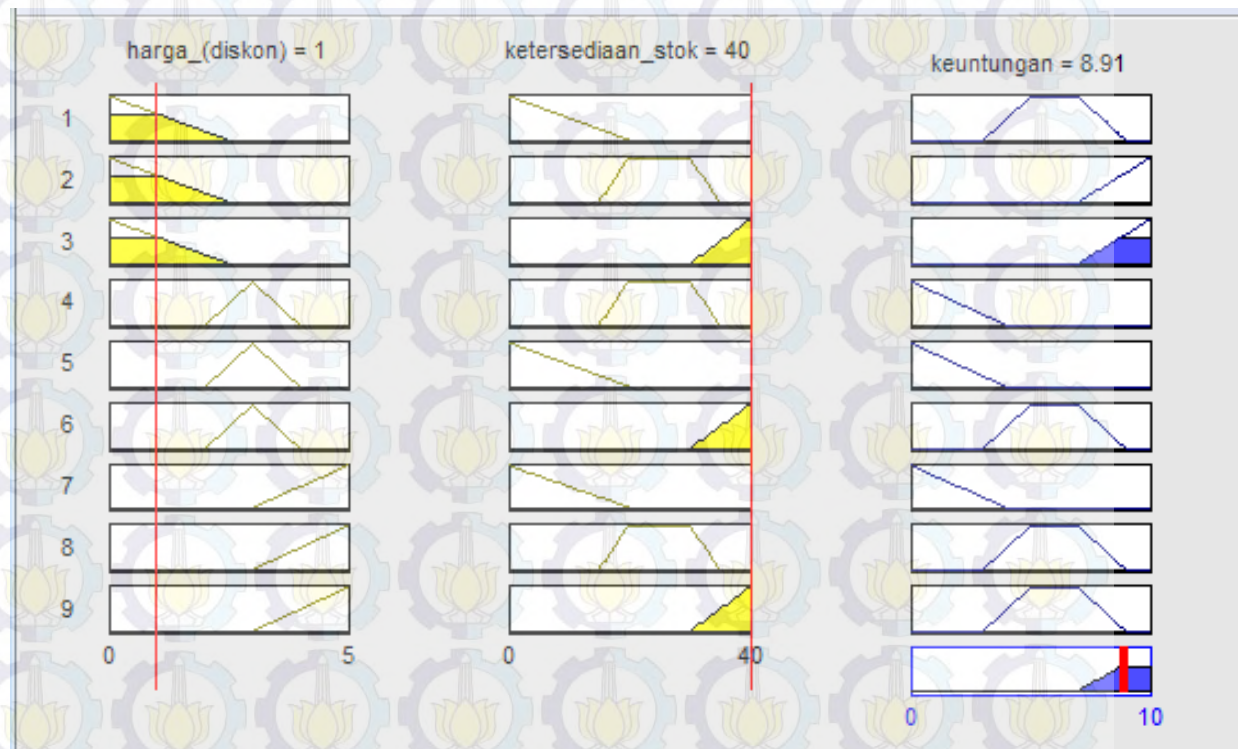
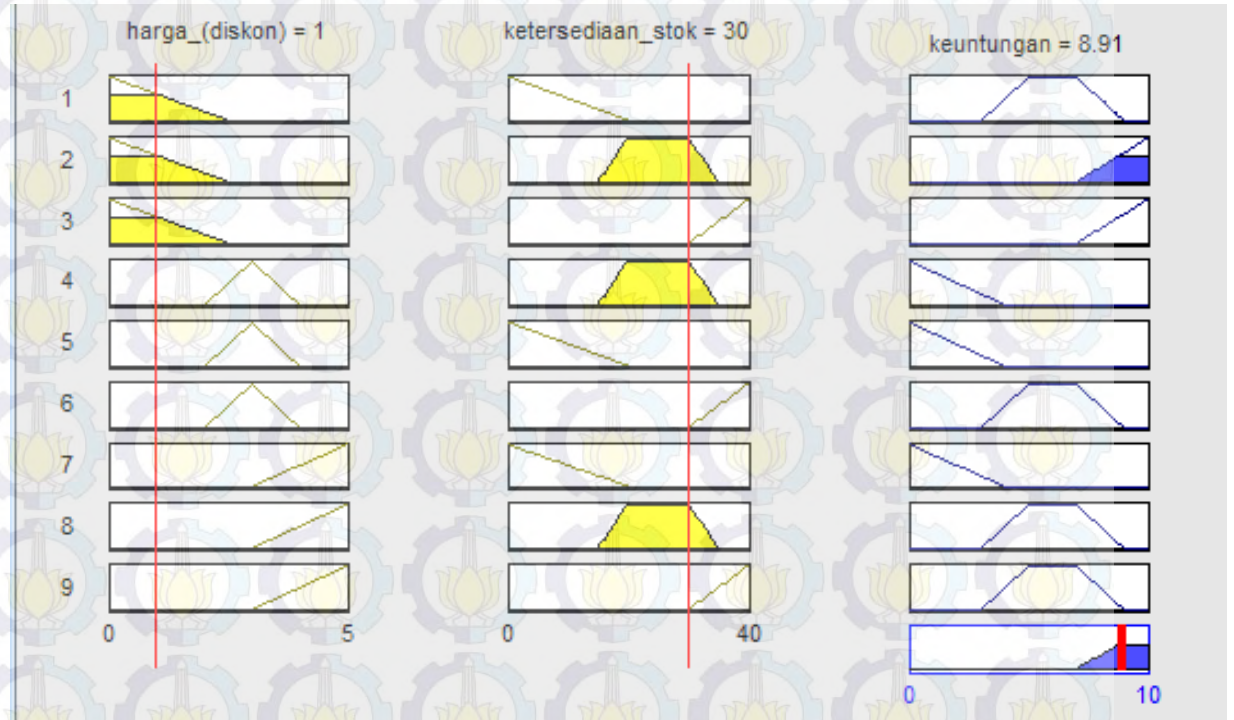
$$= \frac{0 * 5\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 1 * 5\% + 1 * 1,33\% + 1 * 4\% + 0 * 5\% + 0 * 5\% + 1 * 5\%}{0 + 0 + 0 + 1 + 1 + 1 + 0 + 0 + 1}$$

$$Z \text{ [penghematan]} = 4 \%$$

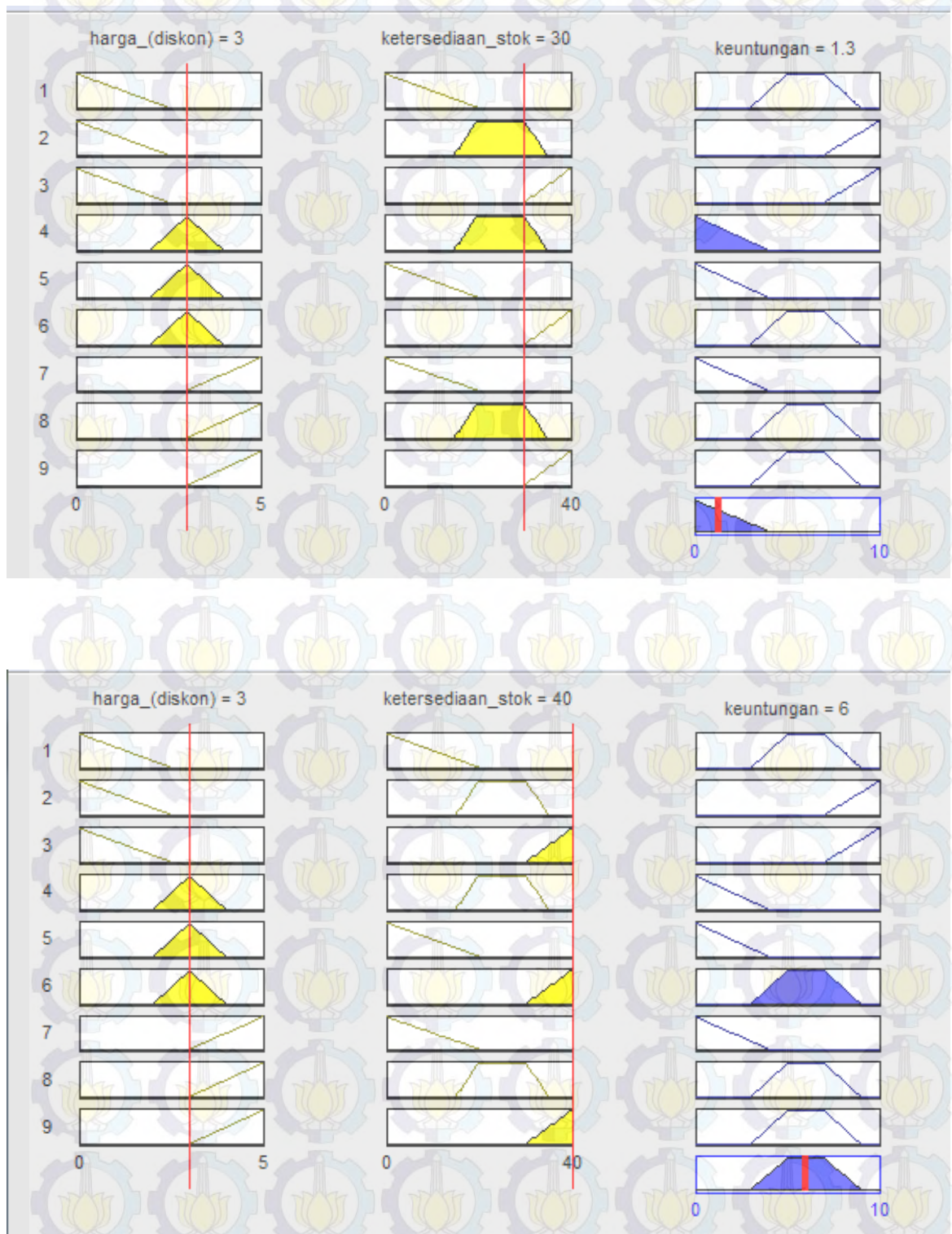
- Maka dengan Harga diskon yang diberikan sebesar 2 % dan ketersediaan stok sebesar 40% perbulan maka didapatkan besar penghematan sebesar 4 %

4.3.3.3 Deffuzifikasi inferensi *rule* MATLAB

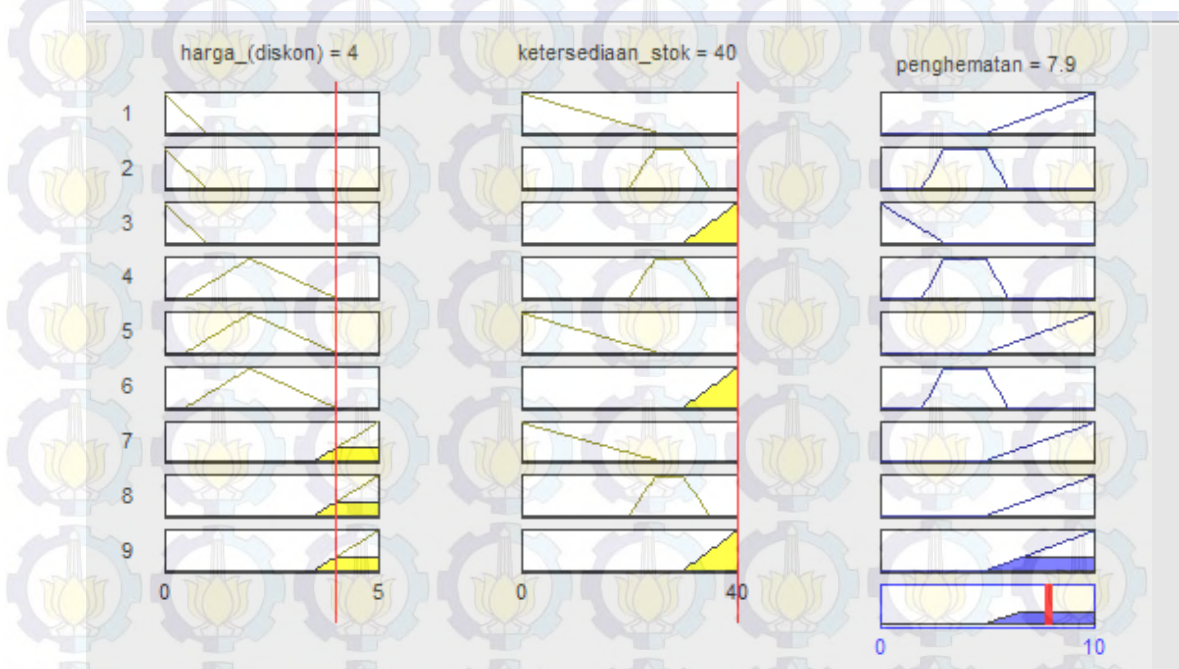
Gambar 4.21 Tampilan *rule* Inferensi MATLAB subkontraktor



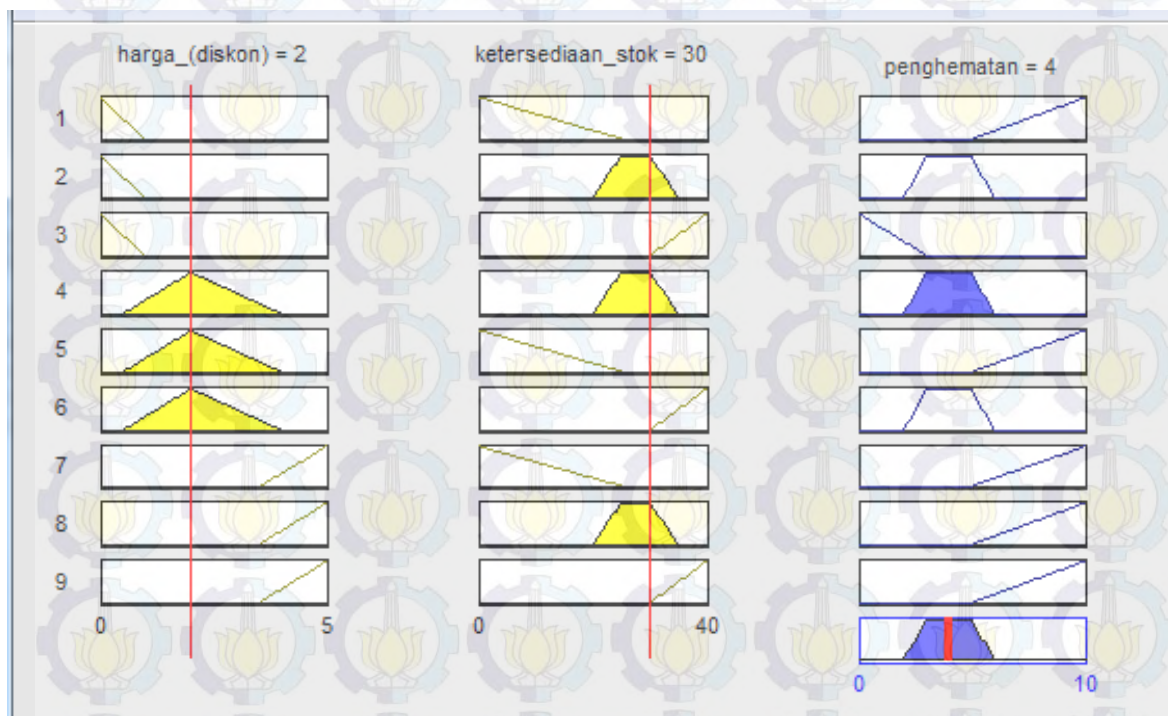
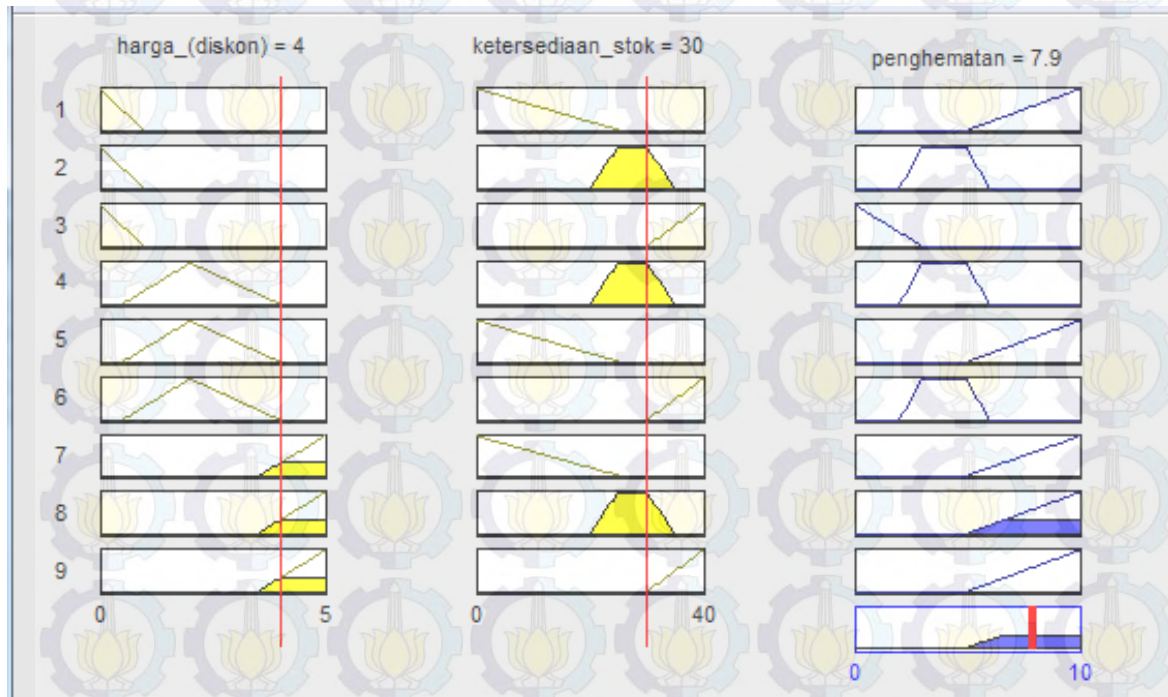
Gambar 4.22 Tampilan *rule* Inferensi MATLAB subkontraktor



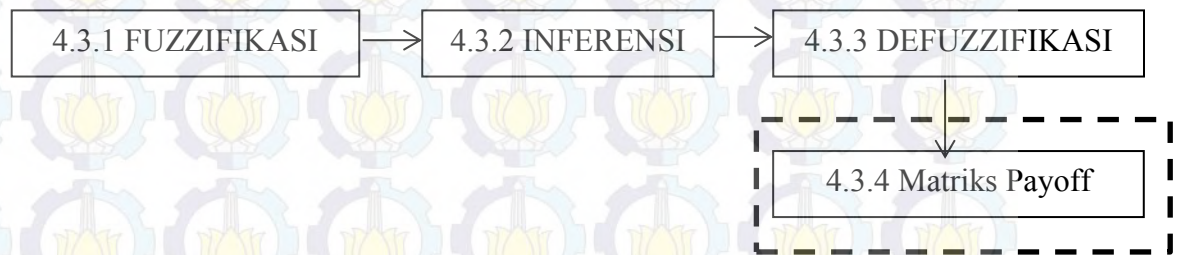
Gambar 4.23 *view rule* MATLAB Inferensi kontraktor



Gambar 4.24 Tampilan *view rule* MATLAB Iferensi kontraktor



4.3.4 Matrix Payoff Game Theory



Pada tahap ini dibuat untuk memilih nilai keuntungan yang sesuai dari masing – masing, antara PT. kontraktor XYZ sebagai kontraktor dan subkontraktor tiang pancang PT. subkontraktor ABC, sehingga matriks permainan dibuat dengan pemain setiap baris dan kolomnya yaitu strategi milik subkontraktor sebagai pemain 1 dan milik kontraktor sebagai pemain 2.

4.3.4.1 Matrik permainan subkontraktor ABC – kontraktor XYB

Kriteria kerjasama kontraktor – subkontraktor yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan *fuzzy* teori permainan. Dan kriteria yang dipilih yaitu yang sesuai pada kriteria dalam hasil survei pendahuluan yang terdahulu. Adapun strategi yang digunakan diantaranya adalah :

- 1) Harga (diskon)
- 2) Ketersediaan produk (stok)

Strategi subkontraktor ABC adalah memaksimumkan keuntungan. Sehingga strategi yang dipakai yaitu strategi pemberian Harga diskon dan Kemampuan ketersediaan stok;

1. Strategi [I] pihak Subkontraktor
 - a. Memberi potongan harga (diskon) dengan ketersediaan stok tipe [1]-a.
 - b. Memberi potongan harga (diskon) dengan ketersediaan stok tipe [1]-b.
2. Strategi [II] pihak subkontraktor
 - a. Memberi potongan harga (diskon) dengan ketersediaan stok tipe [2]-a.
 - b. Memberi potongan harga (diskon) dengan ketersediaan stok tipe [2]-b.

- Strategi Kontraktor XYZ adalah meminimalkan penghematan.
- 1. Strategi [I] pihak kontraktor
 - a. Memberi potongan harga (diskon) dgn ketersediaan stok tipe [1]-a.
 - b. Memberi potongan harga (diskon) dgn ketersediaan stok tipe [1]-b.
- 2. Strategi [II] pihak kontraktor
 - a. Memberi potongan harga (diskon) dgn ketersediaan stok tipe [2]-a.
 - b. Memberi potongan harga (diskon) dgn ketersediaan stok tipe [2]-b.

Berikut ini merupakan perhitungan Matiks *payoff* antara Subkontraktor dan Kontraktor:

Tabel 4.4 Matriks *payoff* subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ

		Kontraktor XYZ	
		Strategi [1]	Strategi [2]
Subkontraktor ABC	Strategi [1]	(D:1% S:30%) ; (D: 2% S: 30%)	(D: 1% S:40%) ; (D: 2% S: 40%)
	Strategi [2]	(D:3% S: 40%) ; (D: 4% S: 40%)	(D: 3% S: 30%) ; (D: 4% S: 30%)

. Perhitungan *payoff* jika Subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ Menggunakan Strategi [I].

1. Strategi [1] Subkontraktor:
 - a. Harga diskon kecil sebesar 1% dengan ketersediaan stok besar sebesar 30 % berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh keuntungan sebesar 8,91%

- b. Harga diskon kecil sebesar 1% dengan ketersediaan stok besar sebesar 40% berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh keuntungan sebesar 8,91%

2. Strategi [1] Kontraktor:

- a. Harga diskon kecil 2% dengan ketersediaan stok sedang 30 % berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh penghematan sebesar 4%
- b. Harga diskon besar sebesar 4% dengan ketersediaan stok besar 40% berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh penghematan sebesar 7,9%

- Perhitungan *payoff* jika subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ menggunakan Strategi [I] :

Dari data proyek didapat keuntungan pekerjaan tiang pancang yaitu sebesar Rp18.741.592.000,- dan biaya tiang pancang untuk 1100 titik dengan biaya sebesar Rp15.709.952.000,-

- Strategi [1]-a. Subkontraktor ABC, diskon 1% stok 30% , keuntungan
= $\text{Rp}1.874.159.200 * 8,91\%$
= $\text{Rp}166.987.585,-$
- Strategi [1]-a. Diskon 2% stok 30%, penghematan kontraktor XYZ
= $\text{Rp} 1.570.995.200 * 4\%$
= $\text{Rp}62.839.808,-$
- Strategi [1]-b. Subkontraktor ABC, diskon 1% stok 40% keuntungan
= $\text{Rp}1.874.159.200 * 8,91\%$
= $\text{Rp}166.987.585,-$
- Strategi [1]-b. Diskon 4% stok 40%, penghematan kontraktor XYZ
= $\text{Rp} 1.570.995.200 * 7,9\%$
= $\text{Rp}124.108.621,-$

Perhitungan matriks *payoff* jika Subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ menggunakan Strategi [2].

1 Strategi [2] Subkontraktor:

- a. Harga diskon kecil sebesar 3% dengan ketersediaan stok besar sebesar 40% berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh keuntungan sebesar 6%
- b. Harga diskon sedang 3% dengan ketersediaan stok sedang sebesar 30% berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh keuntungan sebesar 1,3%

2 Strategi [2] Kontraktor:

- a. Harga diskon kecil sebesar 2% dengan ketersediaan stok besar sebesar 40% berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh penghematan sebesar 4%
- b. Harga diskon besar sebesar 4% dengan ketersediaan stok sedang sebesar 30 % berdasarkan model *fuzzy* yang telah dibuat maka diperoleh penghematan sebesar 7,9%

- Perhitungan *payoff* jika subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ menggunakan Strategi [2] :

Dari data proyek didapat keuntungan pekerjaan tiang pancang yaitu sebesar Rp1.874.159.200,- dan biaya tiang pancang untuk 1100 titik dengan penghematan kontraktor sebesar Rp1.570.995.200,-

- Strategi [2]-a. Subkontraktor ABC, diskon 3% stok 40%, keuntungan
= $\text{Rp}1.874.159.200 \times 6\%$
= $\text{Rp}112.449.552,-$
- Strategi [2]-a. Diskon 2% stok 40%, penghematan kontraktor XYZ
= $\text{Rp} 1.570.995.200 \times 8,37\%$
= $\text{Rp}131.492.298,-$
- Strategi [2]-b. Subkontraktor ABC , diskon 3% stok 30% keuntungan
= $\text{Rp}1.874.159.200 \times 1,3\%$
= $\text{Rp}24.364.070,-$
- Strategi [2]-b. Diskon 4% stok 30%, penghematan kontraktor XYZ
= $\text{Rp} 1.570.995.200 \times 7,9\%$
= $\text{Rp}124.108.621,-$

Berikut tabel 4.5 perhitungan matriks *gaming* antara subkontraktor ABC dengan kontraktor dengan setiap strategi yang dipilih di dalam matriks *game theory*.

Tabel 4.5 Perhitungan matriks *gaming* Subkontraktor ABC – Kontraktor XYZ

Permainan non zero sum Game		Kontraktor XYZ	
		[1]	[2]
		a. (D: 2% S: 30%) b. (D: 4% S: 40%)	a. (D: 2% S: 40%) b. (D: 4% S: 30%)
Subkontraktor ABC	[1] a. (D: 1% S: 30%) b. (D: 1% S: 40%)	Rp166.987.585,- ; Rp62.839.808,-	Rp166.987.585,- ; Rp62.839.808,-
	[2] a. (D: 3% S: 40%) b. (D: 3% S: 30%)	Rp112.449.552,- ; Rp124.108.621,-	Rp24.364.070,- ; Rp124.108.621,-
		Rp62.839.808,-	Rp62.839.808,-

Berdasarkan perhitungan Matrik *Payoff* table 4.7, secara *gaming* matriks *payoff* terpilih pilihan masing-masing pemain adalah subkontraktor ABC menggunakan strategi [1]-a. yaitu Rp166.987.585,- dan kontraktor XYZ menggunakan strategi [1]-a. yaitu Rp62.839.808,- yang mana pemberian diskon dengan rentang 1% s/d 2% dengan ketersediaan stok sebesar 30%

4.4 Hasil Pembahasan

Verifikasi hasil dibutuhkan untuk mengetahui sejauh mana hasil analisa perhitungan mampu mempresentasikan ke dalam kondisi sebenarnya. Dalam penelitian ini verifikasi hasil perhitungan dilakukan dengan merefleksikan hasil analisa dengan kondisi di lapangan. Hasil perhitungan diperoleh matrik *payoff* antara subkontraktor dengan kontraktor, secara individual pilihan masing-masing pemain subkontraktor ABC dan kontraktor XYZ terpilih adalah Rp166.987.585,- dan Rp62.839.808,-. Strategi terpilih pada kolom dan baris yang sama ialah subkontraktor strategi [1]-a. dan kontraktor strategi [1]-a.; dimana subkontraktor meminimumkan antar strategi kolom (strategi [1]-a vs [1]-b dan strategi [2]-a vs

[2]-b) dan memaksimalkan antar baris milik subkontraktor (strategi [1] vs strategi [2]), sedangkan kontraktor memaksimalkan antar strategi setiap baris (strategi [1]-a vs strategi [1]-b dan strategi [2]-a vs [2]-b) dan meminimkan kolom milik kontraktor (strategi [1] vs strategi [2]). Dengan strategi yang terpilih dalam permainan, subkontraktor memilih diskon 1% dan ketersediaan stok 30% begitu pula kontraktor memilih diskon 2% dan ketersediaan stok 30% , dengan harapan dari kontraktor akan lebih meminimkan penghematan dengan kemampuan ketersediaan stok yang lebih tepat. Berarti dalam hal ini kerjasama yang menguntungkan (*win – win*) yaitu rentang diskon 1% - 2% dengan kemampuan ketersediaan stok sebesar 30%. Dimana *Nash* ekuilibrium yaitu subkontraktor memilih strategi [1]-a keuntungan sebesar Rp166.987.585,- dan kontraktor memilih strategi [1]-a penghematan sebesar Rp62.839.808,- dimana strategi kedua – duanya mendapatkan nilai yang optimal dan bagi setiap pemain jika diberikan strategi pemain lainnya dalam permainan tersebut setiap pemain tidak dapat meningkatkan hasil perolehannya dengan menggantikan strateginya .

Secara rasional pihak subkontraktor dan kontraktor baru mempunyai keinginan jika mampu menjanjikan sesuatu yang lebih dibandingkan apa yang dia dapat saat ini dengan kesepahaman hasil yang saling menguntungkan (*win – win*). Sehingga kata lain strategi subkontrak berdasarkan kesepakatan pada strategi bisnis dari kontraktor. Menurut *Associated General Contractors of America, Construction Industry Institute* (1991), Sanders dan Moore (1992), *Reading Construction Forum* (1995), Matthews (1996), dan Watson (1999), telah mengemukakan, bahwa sebagian besar keberhasilan kemitraan telah didasarkan pada dedikasi untuk tujuan bersama, misalnya memproyeksikan *win – win relationship* sebagai objektif antara peserta proyek. Sebaliknya wood dan Ellis (2005), menggambarkan industri konstruksi yang beroperasi dengan *margin* keuntungan yang rendah. Objek konflik masing-masing pada kejadian dan risiko yang ditekanan kebawah dari hirarki kontraktor utama ke klien untuk saling menguntungkan (*win-win*). Oleh karena itu, strategi untuk evaluasi subkontraktor dan manajemen harus sistematis dengan tujuan praktis situasi *win – win* berdasarkan kemitraan (Paek dkk, 2008). Untuk mencapai tujuan demikian, Tijs, Driessen dan OPRICOVIC di dalam Anita (2011), telah melakukan penelitian

untuk mencapai titik kesetimbangan antar pemain dengan nilai kompromi atau sering disebut sebagai *Transferable Utility Game* (τ -value). *Transferable Utility Game* (τ -value) merupakan salah satu konsep perhitungan yang dapat membagi keuntungan (*worth*) secara adil (*fair*) kepada semua pemain. Berikut ini perhitungan pembagian keuntungan dengan pemberian diskon dengan menggunakan metode τ -value.

Step 1 : *the associated game in coalitional form is determined by finding the characteristic function v*

$S = 1$ dan 2

$N = 1,2$

$V(1) = \text{Rp}162.489.603,-$ (diskon 2%) \leftarrow kontraktor

$V(2) = \text{Rp}166.987.585,-$ (diskon 1%) \leftarrow subkontraktor

$V(1,2) = \text{Rp}169.236.576,-$ (diskon 0%) \leftarrow jika tidak kedua-duanya / dikerjakan sendiri oleh kontraktor / subkontraktor

Step 2 = *find the utopia vector b^v of game (N,v) sebagai batas atas (upper bound)*

$$b_i^v = v(N) - v(N \setminus \{i\})$$

$$\begin{aligned} b_1^v &= v(1,2) - v(2) \\ &= \text{Rp}169.236.576 - \text{Rp}166.987.585 \\ &= \text{Rp}2.248.991,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2^v &= v(1,2) - v(1) \\ &= \text{Rp}169.236.576,- - \text{Rp}162.489.603,- \\ &= \text{Rp}6.746.973,- \end{aligned}$$

Step 3 = *find the gap of the coalition S in the game v , denoted by $g^v(S)$. nilai gap coalition ($g^v(S)$)*

Tabel.4.6 Nilai gap coalition

S	{1}	{2}	{1,2}
$V(S)$	Rp162.489.603,-	Rp166.987.585,-	Rp169.236.576,-
$\sum_{i \in S} b_i^v$	Rp2.248.991,-	Rp6.746.973,-	Rp8.995.964,-
$g^v(S)$	Rp160.240.612,-	Rp160.240.612,-	Rp160.240.612

Step 4 : *find the disagreement vector ($b^v - \lambda^v$) of player I sebagai batas bawah (lower bound)*

$$\lambda = \min g^v(S)$$

$$\lambda_1 = \text{Rp}160.240.612,-$$

$$\lambda_2 = \text{Rp}160.240.612,-$$

Step 5 : *find the compromise value for cooperative game*

$$g^v(N) > 0, \text{ maka } \tau^v = b^v - g^v(N) \cdot u^v$$

$$u^v = \frac{\lambda_i^v}{\sum_{i=1}^v \lambda_i^v}, \quad u_1 = \frac{\text{Rp}160.240.612}{320.481.223} = 0,5, \quad u_2 = \frac{\text{Rp}160.240.612}{320.481.223} = 0,5$$

$$\tau_1^v = \text{Rp}162.489.603 - (\text{Rp}160.240.612 * 0,5)$$

$$= \text{Rp}82.369.297,- \text{ (49\% untuk diskon 2\%)}$$

$$\tau_2^v = \text{Rp}166.987.585 - (\text{Rp}160.240.612 * 0,5)$$

$$= \text{Rp}86.867.279,- \text{ (51\% untuk diskon 1\%)}$$

Ini artinya dengan menggunakan metode τ value pemasukan dari diskon 0% tidak terpilih keduanya atau dikerjakan sendiri subkontraktor/ kontraktor dan jika semua pemain menggunakan strategi terpilih [1]-a dengan rentang diskon 1% s/d 2% maka nilai tengah diantaranya yaitu diskon 1% (terpilih subkontraktor ABC) ditambahkan 51% (diskon menjadi 1,51%) dan untuk kontraktor XYZ dikurangkan 49% dari diskon 2% (diskon menjadi 1,51%), maka nilai tengah atau kompromi yang diperoleh adalah 1,51%

Menurut Suciati di dalam Anita (2012), Selain menggunakan metode τ value, nilai kompromi dapat dilakukan dengan analisis *shapley value*. Nilai *shapley value* dihitung untuk mendapatkan nilai “*grand coalition*” dimana alokasi untuk setiap pemain ditentukan berdasarkan rata-rata terimbang (*weight average*) *payoff* masing – masing kedalam keseluruhan kerjasama secara keseluruhan

Tabel 4.7 Perbedaan kombinasi Antar pemain

Kombinasi	Kontribusi (Rp)	Keterangan
Kontraktor	Rp162.489.603,-	Diskon 2%
Subkontraktor	Rp166.987.585,-	Diskon 1%
Tidak keduanya / dikerjakan sendiri	Rp169.236.576,-	Diskon 0%

Berikut ini merupakan perhitungan nilai kompromi dengan menggunakan *shapley value*,

$$[N] = 2$$

$$[s] = 1,2$$

$$C(1) = \text{Rp}162.489.603,-$$

$$C(2) = \text{Rp}166.987.585,-$$

$$C(1,2) = \text{Rp}169.236.576,-$$

Jadi alokasi biaya untuk masing – masing pemain yaitu subkontraktor dan kontraktor dengan menggunakan *shapley value* dapat dilihat pada perhitungan berikut ini,

$$\begin{aligned}
 Y1 &= \frac{(0! \times 1!)}{2!} [C(1) - C(\emptyset)] + \frac{(1! \times 0!)}{2!} [C(1,2) - C(2)] \\
 &= \frac{(0! \times 1!)}{2!} [162.489.603 - 0] + \frac{(1! \times 0!)}{2!} [169.236.576 - 166.987.585] \\
 &= \text{Rp}82.369.297,- \text{ (49\% untuk diskon 2\%)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y2 &= \frac{(0! \times 1!)}{2!} [C(2) - C(\emptyset)] + \frac{(1! \times 0!)}{2!} [C(1,2) - C(1)] \\
 &= \frac{(0! \times 1!)}{2!} [166.987.585 - 0] + \frac{(1! \times 0!)}{2!} [169.236.576 - 162.489.603] \\
 &= \text{Rp}86.867.279,- \text{ (51\% untuk diskon 1\%)}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa subkontraktor memberikan diskon 1,51%. Dari hasil kombinasi menggunakan startegi [1]-a antara pemain akan menguntungkan kedua belah pihak. Nilai *grand coalition* menunjukkan nilai lebih tinggi daripada jika tiap pemain menggunakan strategi [1]-b dalam kerjasama subkontraktor – kontraktor pada pengadaan tiang pancang.

Tabel 4.8 Diskon tengah Antara Kontraktor dan Subkontraktor
Dengan Metode yang berbeda

Diskon Kompromi	Diskon nilai tengah
<i>Transferable Utility Game</i>	1,51%
<i>Shapley Value</i>	1,51%

Hasil perhitungan dari dua metode yang berbeda menunjukkan bahwa semua metode dapat memberikan rasionalitas individu dan kelompok, untuk semua bentuk koalisi dan dengan pemberian diskon yang adil antara pemain yang terlibat. Semua pemain memiliki alasan yang memadai dan baik untuk menggunakan strategi [1]-a. Maka dengan begitu besaran keuntungan dari nilai *fuzzy logic* yang diperoleh dengan diskon 1,51% dan ketersediaan stok 30% yaitu keuntungan sebesar 8,8% atau keuntungan sebesar Rp164.926.010,-.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang dilakukan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

Berdasarkan hasil simulasi, model *Fuzzy Game Theory* yang dioperasikan dapat digunakan untuk mengoptimalkan (*win - win*) kerjasama antara kontraktor – subkontraktor. Pada kasus subkontraktor tiang pancang, kedua belah pihak dapat menggunakan strategi : Harga (diskon) dan Ketersediaan stok. Penggunaan *fuzzy* pada perhitungan *payoff* lebih realistis dalam pelaksanaan di lapangan, mengingat informasi yang tersedia di lapangan dari kedua belah pihak lebih bersifat kualitatif yang sifatnya tidak terbuka bagi umum. Hasil simulasi pada objek penelitian menunjukkan bahwa variabel diskon dan stok dapat digunakan sebagai kerjasama.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Peneliti selanjutnya dapat memasukkan beberapa faktor yang mungkin belum ada dalam penelitian ini seperti pelayanan pengiriman material (*Delivery*), sistem pembayaran DP, *Schedule (Progress)*, dan pembayaran mundur (*Payment*), kemampuan finansial (*real cost*), metode delivery. Kerangka model dan strategi bisa digunakan sebagai rujukan .
2. Peneliti selanjutnya bisa lebih fokus dalam menentukan perusahaan dan subkontraktor yang akan diteliti, karena setiap karakter perusahaan memiliki pola yang berbeda dan bisa menggunakan *multiplayer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aplak dan Sogut, (2013), "*Game Theory Approach In Decisional Process Of Energy Management For Industrial Sect., Energy Conversion And Management*".
- Asgari dkk (2013), "*Cooperative Game Theoretic Framework for Joint Resource Management in Construction*". ASCE.
- Anita (2011), "*Penerapan Kerjasama pemerintah Swasta Pada Pengadaan Modified Box Culvert Di Surabaya*". FTSP ITS.
- Austen, A. D. dan Naele R.H. (1991), "*Manajemen Proyek Konstruksi: Pedoman, Proses, Prosedur*". PT Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Bennett, J.dan Jayes, S. (1998), "*The Seven Pillars Of Partnering: A Guide To Second Generation Partnering*". Thomas Telford, London.
- Bhaduri dkk (2013), "*Cooperation in Transboundary Water Sharing with Issue Linkage: Game-Theoretical Case Study in the Volta Basin*", Journal of Water Resources Planning and Management.
- Capo dkk (2004), "*A Social Network-Based Organisational Model For Improving Knowledge Management In Supply Chains*". Supply Chain Management.
- Christopher M. (1998). "*Logistics and Supply Chain Management, Strategies for Reducing Cost and Improving Services*". 2nd Edition. London.
- Cornelissen, A, (2002), "*Eliciting Expert Knowledge for Fuzzy Evaluation of Agricultural Production Sistem, Netherlands: Erasmus Research Institute of Management (ERIM)*".
- Ervianto (2003), "*Manajemen Proyek Konstruksi*". Andi. Yogyakarta.
- Easley, D.dan Kleinberg, J. (2010), "*Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about A Highly Connected World*". Cambridge University Press.
- Fuady (1998), "*Kontrak Pemborongan Mega Proyek*". Citra Aditya Bakti. Bandung
- Handfield, R.B. dan Nichols, E. L. (1999), "*Introduction to Supply Chain Management*". Prentice Hall Inc.
- Hillier dan Lieberman (1995), "*Markov Decision Processes, Chapter 19, Introduction to Operations Research, sixth edition*". McGraw Hill, New York.
- Kartono (1994), "*Teori Permainan*". Andi Offset. Yogyakarta.

- Keppres RI no. 18. (2000), "*Pedoman Pelaksanaan Pengadaan, Jakarta Barang/Jasa Instansi Pemerintah*".
- Kurdhi. (2013), "*Teori Permainan*". Riset Operasi Probabilistik. Departement of Mathematics FMIPA UNS.
- Kusumadewi S. (2002), "*Analisa dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*". Edisi ke-1. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi dan Hartati (2006). "*Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*".
- Kusumadewi S. dan Purnomo (2010), "*Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*". Graha Ilmu.
- Kusumadewi dkk (2010). "*NEURO – FUZZY Integrasi sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*".
- Lavelle dan Derek dkk (2007), "*The Selection Of Subcontractors: Is Price The Major Factor*", School of the Built Environment Northumbria University.
- Limanto dkk (2005), "*Studi Awal Aplikasi Teori Fuzzy Set Pada Perusahaan Readymix Concrete Dalam Memilih Pemasok Material Beton*".
- Liestiasari D. (2014), "*Evaluasi Kinerja Sistem Irigasi Sub Daerah Irigasi Colo Barat Dengan Menggunakan Fuzzy Set Theory*". FTSP ITS Louis Cohen, Lawrence Manion dan Keith Morrison (2007) "*Research Methods in Education*", Sixth Edition. Oxon: Routledge
- Maylor H. (2003), "*Project Management*". Third edition, Prentice-Hall.
- Medaglia dan fang (2002), "*Fuzzy controlled simulation optimization*".
- Miller J. (2013), "*Book Game Theory at Work - How to Use Game Theory to Outthink and Outmaneuver Your Competition*".
- Naba, A. (2009), "*Belajar cepat fuzzy Logic Menggunakan Matlab*". Andi, Yogyakarta.
- Neumann dan Morgenstern, (2004), "*Theory of Games and Economic Behaviour*".
- Njoo H L (2008), "*Game Theory Prisoners Dilemma*". Jurnal Fakultas Ekonomi Universitas Kristen Krida Wacana.
- Osborne dan Rubinstein (1994), "*A course in game theory*". MIT Press.
- Paek dkk. (2008), "*Subcontractor Evaluation and Management Framework for Strategic Partnering*". ASCE.

- Perpres No. 54 (2010), "*Pengadaan Barang/ Jasa Pemerintah*". Jakarta.
- Permen PU No.43 (2007), "*Pedoman Kualifikasi Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pemborongan)*". Jakarta.
- Pono, Messah, dan Krisnayanti, (2012), "*Kajian Kriteria Pemilihan Subkontraktor Oleh Kontraktor Utama Dengan Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)*". puslit2.petra.ac.id.
- Prajit (1999), "*Strategies And Games: Theory And Practice*". MIT Press, ISBN.
- Pujawan N. (2005), "*Supply Chain Management*". Guna Widya.
- Ping Ho dkk (2014), "*Bid Compensation Theory and Strategies for Projects with Heterogeneous Bidders: A Game Theoretic Analysis*". ASCE.
- Prisner E. (2007), "*Game Theory Trought Example*". Franklin College.
- Kaushal, Rajendra, dan Arvind (2013), "*Game Theory–Based Multistakeholder Planning for Electronic Waste Management*". ASCE.
- Rochman T. (2006), "*Multicriteria Decision Analysis Berbasis Fuzzy Set Theory Untuk Pengambilan Keputusan*". Performa Vol. 5.
- Rohayani H. (2015), "*Fuzzy Inference System Dengan Metode Tsukamoto Sebagai Penunjang Keputusan Produksi*". Jurnal Sistem Informasi. Ejurnal.unsri.ac.id
- Ross dan Timothy J. (1995), "*Fuzzy Logic with Engineering Applications*". New York : McGraw-Hill.
- Setiadji (2009), "*Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*". Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Setyawan J.A. (2011), "*Kajian faktor yang dipertimbangkan kontraktor Dalam memilih subkontraktor*". e-journal.uajy.ac.id
- Sinaga (2011), "*Peranan Keseimbangan Nash Dalam Teori Permainan*". Jurnal USU.
- Singh dan Tiong. (2005), "*A Fuzzy Decision Framework for Contractor Selection*". ASCE
- Soeharto I. (2001), "*Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*", Erlangga.
- Susilawati dkk (2005), "*Studi Supply Chain Konstruksi pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung*".

- Sundari E. (2015), "*Kerjasama Pengadaan Material Konstruksi Antara Pemasok – Pengembang Perumahan Dengan Pendekatan Teori Permainan*". FTSP ITS.
- UU RI No. 18 (1999), "*Jasa Konstruksi*". Jakarta.
- Vaidyanathan K. (2001), "*Value of Visibility Planning in An Enginerr-to-Order Environment*"
- Wirahadikusumah, R. D dan Susilawati (2006), "*Pola Supply Chain Konstruksi pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung*". Jurnal Teknik Sipil ITB.
- Wulandari F. (2005), "*Pembuatan Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Teori Fuzzy untuk mengembangkan suatu Produk Baru*"
- Wulandari E.A. (2012), "*Analisis Hubungan Perencanaan Komunikasi Dan Distribusi Informasi Antara Kontraktor Dan Subkontraktor Dengan Kinerja Waktu*". Admajaya. Jogjakarta.
- Yanchyuan dkk (2006), "*Use Questionnaire And AHP Techniques To Develop Subcontractor Selection System*".
- Zulfikarijah (2004), "*Operation Research*". Malang. Bayumedia

LAMPIRAN

KUISONER



Penilaian kriteria pekerjaan tiang pancang.

Semangat pagi / siang / sore

saya adalah mahasiswa teknik sipil ITS yang sedang melakukan penelitian tugas akhir (Tesis) tentang “Pemodelan Kerjasama Sub Pekerjaan Dengan Pendekatan *Fuzzy* Teori Permainan”. Saya mohon kesediaan saudara/i meluangkan waktu untuk mengisi kuisoner penelitian ini, kami akan **menjaga kerahasiaan jawaban saudara/i**. Atas partisipannya saya ucapkan terimakasih.

Identitas responden

Nama:

Umur :

- I. Berilah tanda silang (x) pada nilai yang sesuai dengan preferensi anda. Nilailah setiap penilaian kuantitatif berdasarkan ukuran penilaian kualitatif.**

CONTOH :

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	kecil	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0											x
2	0,5%									x		
3	1%						x					
4	1,5%					x						
5	2%											
6	2,5%			x								

1) PERTANYAAN 1:

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	kecil	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%											
2	0,5%											
3	1%											
4	1,5%											
5	2%											
6	2,5%											

Anggota himpunan **DISKON KECIL** : $0 \leq x < 2,5 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

- 1 SANGAT SETUJU** dengan nilai **0 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.
- 2 SETUJU** dengan nilai **0,5 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengaa angka **0,6**.
- 3 HAMPIR SETUJU** dengan nilai **1 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **0,5** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,6** , jika **SETUJU** centanglah dengaa angka **0,6**.
- 4 TIDAK SETUJU** dengan nilai **1,5 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah pada skala penilaian **0,2** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengan angka **0,4**.
- 5 TIDAK SETUJU** dengan nilai **2 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah pada skala penilaian **0,2**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1** , jika **SANGAT TIDAK SETUJU** centanglah dengan angka **0,8**.

6 **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **2,5 %** termasuk **DISKON KECIL** centanglah dengan angka **0** , jika **RAGU** maka isilah dengan penilaian **0,1**.

2) PERTANYAAN 2 :

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	sedang	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	2%											
2	2,5%											
3	3%											
4	3,5%											
5	4%											

Anggota himpunan **DISKON SEDANG** : $2 \% < x < 4 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

1. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **2%** termasuk **DISKON SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.
2. **TIDAK SETUJU** dengan nilai **2,5%** termasuk **DISKON SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0,2** , jika **RAGU** maka centanglah dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** maka centanglah dengan penilaian **0,4**.
3. **SANGAT SETUJU** dengan nilai **3 %** termasuk **DISKON SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.
4. **TIDAK SETUJU** dengan nilai **3,5%** termasuk **DISKON SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0,2** , jika **RAGU** maka centanglah dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** maka centanglah dengan penilaian **0,4**.
5. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **4%** termasuk **DISKON SEDANG** centanglah pada skala penilaian angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.

3) PERTANYAAN 3:

No	Rating nilai Harga (Diskon)	Skala penilaian										
	besar	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	3%											
2	3,5%											
3	4%											
4	4,5%											
5	5%											

Anggota himpunan **DISKON BESAR** : $3 \% < x \leq 5 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

1. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai 3% termasuk **DISKON BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan angka 0 (NOL) , jika **RAGU - RAGU** maka isi dengan penilaian 0,1.
2. **TIDAK SETUJU** dengan nilai 3,5% termasuk **DISKON BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan angka 0,2 , jika **RAGU** maka centanglah dengan penilaian 0,3 , jika **HAMPIR SETUJU** maka centanglah dengan penilaian 0,4.
3. **TIDAK SETUJU** dengan nilai 4 % termasuk **DISKON BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian 0,2 , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian 0,3. Jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengan penilaian 0,4.
4. **HAMPIR SETUJU** dengan nilai 4,5% termasuk **DISKON BESAR** centanglah pada skala penilaian angka 0,5 , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian 0,6 , jika **SETUJU** centanglah dengan penilaian 0,7.
5. **SANGAT SETUJU** dengan nilai 4% termasuk **DISKON BESAR** centanglah pada skala penilaian angka 1 (SATU) , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian 0,9.

4) PERTANYAAN 4:

No	Rating nilai ketersediaan stok	Skala penilaian										
	Kecil	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0%											
2	5%											
3	10%											
4	15%											
5	20%											

Anggota himpunan **KETERSEDIAAN STOK KECIL** : $0 \% \leq x < 20 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

- 1 **SANGAT SETUJU** dengan nilai **0 %** termasuk **STOK KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.
- 2 **SETUJU** dengan nilai **5 %** termasuk **STOK KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **0,8** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,7** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengaa angka **0,6**.
- 3 **HAMPIR SETUJU** dengan nilai **10 %** termasuk **STOK KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **0,5** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,4** , jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengaa angka **0,3**.
- 4 **HAMPIR SETUJU** dengan nilai **15 %** termasuk **STOK KECIL** centanglah pada skala penilaian **0,4** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,3** , jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan angka **0,2**.
- 5 **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **20 %** termasuk **STOK KECIL** centanglah pada skala penilaian **0**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.

5) PERTANYAAN 5:

No	Rating nilai ketersediaan stok	Skala penilaian										
	sedang	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	15%											
2	20%											
3	25%											
4	30%											
5	35%											

Anggota himpunan **STOK SEDANG** : $15 \% < x < 30 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

1. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **15 %** termasuk **STOK SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.
2. **SANGAT SETUJU** dengan nilai **20 %** termasuk **STOK SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
3. **SANGAT SETUJU** dengan nilai **25 %** termasuk **STOK SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
4. **SANGAT SETUJU** dengan nilai **30 %** termasuk **STOK SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
5. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **35 %** termasuk **STOK SEDANG** centanglah pada skala penilaian angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.

6) PERTANYAAN 6 :

No	Rating nilai ketersediaan stok	Skala penilaian										
	besar	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	30%											
2	35%											
3	40%											

Anggota himpunan **STOK BESAR** : $30 \% < x \leq 40 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

1. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai 30% termasuk **STOK BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.
2. **HAMPIR SETUJU** dengan nilai 35% termasuk **STOK KECIL** centanglah pada skala penilaian angka **0,5** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,6** , jika **SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,7**.
3. **SANGAT SETUJU** dengan nilai 40% termasuk **STOK KECIL** centanglah pada skala penilaian angka **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.

7) PERTANYAAN 7:

No	Rating nilai keuntungan	Skala penilaian										
	kecil	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	0,0%											
2	1,0%											
3	2,0%											
4	3,0%											
5	4,0%											

Anggota himpunan **KEUNTUNGAN KECIL** : $0 \% \leq x < 4 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

- 1 **SANGAT SETUJU** dengan nilai **0 %** termasuk **KEUNTUNGAN KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.
- 2 **SETUJU** dengan nilai **1 %** termasuk **KEUNTUNGAN KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **0,8** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,7** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengaa angka **0,6**.
- 3 **HAMPIR SETUJU** dengan nilai **2 %** termasuk **KEUNTUNGAN KECIL** centanglah pada nilai skala penilaian **0,5** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,4** , jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengaa angka **0,3**.
- 4 **TIDAK SETUJU** dengan nilai **3 %** termasuk **KEUNTUNGAN KECIL** centanglah pada skala penilaian **0,2** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengan angka **0,4**
- 5 **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai **4 %** termasuk **KEUNTUNGAN KECIL** centanglah pada skala penilaian **0**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**

8) PERTANYAAN 8:

No	Rating nilai keuntungan	Skala penilaian										
	sedang	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	3%											
2	4%											
3	5%											
4	6%											
5	7%											
6	8%											
7	9%											

Anggota himpunan **KEUNTUNGAN SEDANG** : $3 \% < x < 9 \%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

- 1 SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai 3% termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.
- 2 TIDAK SETUJU** dengan nilai 4% termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0,2** , jika **RAGU** maka centanglah dengan penilaian **0,3** , jika **KURANG SETUJU** maka centanglah dengan penilaian **0,4**.
- 3 SANGAT SETUJU** dengan nilai 5 % termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
- 4 SANGAT SETUJU** dengan nilai 6 % termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
- 5 SANGAT SETUJU** dengan nilai 7 % termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan penilaian **1 (SATU)**, jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**. Jika **TIDAK SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,8**.
- 6 TIDAK SETUJU** dengan nilai 8% termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0,2** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,4**.
- 7 SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai 9% termasuk **KEUNTUNGAN SEDANG** centanglah pada skala penilaian angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.

9) PERTANYAAN 9 :

No	Rating nilai keuntungan	Skala penilaian										
	besar	sangat tidak setuju	tidak setuju			hampir setuju			setuju			sangat setuju
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)			(6)			(7)
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	7,0%											
2	8,0%											
3	9,0%											
4	10,0%											

Anggota himpunan **KEUNTUNGAN BESAR** : $7\% < x \leq 10\%$

Dengan aturan pengisian seperti dibawah ini:

1. **SANGAT TIDAK SETUJU** dengan nilai 7% termasuk **KEUNTUNGAN BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0 (NOL)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,1**.
2. **TIDAK SETUJU** dengan nilai 8% termasuk **KEUNTUNGAN BESAR** centanglah pada skala penilaian dengan angka **0,2** , jika **RAGU** maka centanglah dengan penilaian **0,3** , jika **HAMPIR SETUJU** maka centanglah dengan penilaian **0,4**.
3. **HAMPIR SETUJU** dengan nilai 9% termasuk **KEUNTUNGAN BESAR** centanglah pada skala penilaian angka **0,5** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,6** , jika **SETUJU** centanglah dengan penilaian **0,7**.
4. **SANGAT SETUJU** dengan nilai 10% termasuk **KEUNTUNGAN BESAR** centanglah pada skala penilaian angka **1 (SATU)** , jika **RAGU** maka isi dengan penilaian **0,9**.

“TERIMAKASIH”

Lampiran (lanjutan)

- REKAPITULASI FUNGSI KEANGGOTAAN FUZZIFIKASI

SUBKONTRAKTOR					KONTRAKTOR				
No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan	No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	kecil	1	2			1	2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2	(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	1	1	1	1	0,0%	1	0,9	0,95
2	0,5%	0,8	0,7	0,75	2	0,5%	0,6	0,6	0,6
3	1,0%	0,7	0,6	0,65	3	1,0%	0	0	0
4	1,5%	0,5	0,5	0,5	4	1,5%	0	0	0
5	2,0%	0,3	0,2	0,25	5	2,0%	0	0	0
6	2,5%	0	0	0	6	2,5%	0	0	0
7	3,0%	0	0	0	7	3,0%	0	0	0
8	3,5%	0	0	0	8	3,5%	0	0	0
9	4,0%	0	0	0	9	4,0%	0	0	0
10	4,5%	0	0	0	10	4,5%	0	0	0
11	5,0%	0	0	0	11	5,0%	0	0	0

No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan	No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	sedang	1	2			1	2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2	(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0	1	0,0%	0	0	0
2	0,5%	0	0	0	2	0,5%	0	0	0
3	1,0%	0	0	0	3	1,0%	0,3	0,4	0,35
4	1,5%	0	0	0	4	1,5%	0,6	0,7	0,65
5	2,0%	0	0	0	5	2,0%	1	1	1
6	2,5%	0,6	0,5	0,55	6	2,5%	0,7	0,8	0,75
7	3,0%	1	1	1	7	3,0%	0,5	0,6	0,55
8	3,5%	0,5	0,6	0,55	8	3,5%	0,2	0,3	0,25
9	4,0%	0	0	0	9	4,0%	0	0	0
10	4,5%	0	0	0	10	4,5%	0	0	0
11	5,0%	0	0	0	11	5,0%	0	0	0

No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan	No	Rating nilai Harga (Diskon)	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	besar	1	2			1	2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2	(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0	1	0,0%	0	0	0
2	0,5%	0	0	0	2	0,5%	0	0	0
3	1,0%	0	0	0	3	1,0%	0	0	0
4	1,5%	0	0	0	4	1,5%	0	0	0
5	2,0%	0	0	0	5	2,0%	0	0	0
6	2,5%	0	0	0	6	2,5%	0	0	0
7	3,0%	0	0	0	7	3,0%	0	0	0
8	3,5%	0,2	0,2	0,2	8	3,5%	0	0	0
9	4,0%	0,5	0,5	0,5	9	4,0%	0,3	0,4	0,35
10	4,5%	0,8	0,8	0,8	10	4,5%	0,7	0,6	0,65
11	5,0%	1	1	1	11	5,0%	1	0,9	0,95

No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan	No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	kecil	1	2			1	2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2	(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	1	1	1	1	0,0%	1	1	1
2	5,0%	0,8	0,8	0,8	2	5,0%	0,8	0,7	0,75
3	10,0%	0,5	0,6	0,55	3	10,0%	0,6	0,5	0,55
4	15,0%	0,3	0,4	0,35	4	15,0%	0,4	0,4	0,4
5	20,0%	0	0	0	5	20,0%	0,2	0,2	0,2
6	25,0%	0	0	0	6	25,0%	0	0	0
7	30,0%	0	0	0	7	30,0%	0	0	0
8	35,0%	0	0	0	8	35,0%	0	0	0
9	40,0%	0	0	0	9	40,0%	0	0	0

Rating nilai kemampuan ketersediaan stok					Rating nilai kemampuan ketersediaan stok				
No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan		derajat keanggotaan	No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan		derajat keanggotaan
	sedang	1	2			1	2		
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2	(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0	1	0,0%	0	0	0
2	5,0%	0	0	0	2	5,0%	0	0	0
3	10,0%	0	0	0	3	10,0%	0	0	0
4	15,0%	0	0	0	4	15,0%	0	0	0
5	20,0%	1	0,9	0,95	5	20,0%	0	0	0

Lampiran 11 (lanjutan)

- REKAPITULASI FUNGSI KEANGGOTAAN FUZZIFIKASI

No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan		derajat keanggotaan
	sedang	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	5,0%	0	0	0
3	10,0%	0	0	0
4	15,0%	0	0	0
5	20,0%	1	0,9	0,95
6	25,0%	1	1	1
7	30,0%	0,9	0,9	0,9
8	35,0%	0	0	0
9	40,0%	0	0	0

No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	besar	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	5,0%	0	0	0
3	10,0%	0	0	0
4	15,0%	0	0	0
5	20,0%	0	0	0
6	25,0%	0	0	0
7	30,0%	0	0	0
8	35,0%	0,6	0,5	0,55
9	40,0%	1	1	1

No	Rating nilai keuntungan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	kecil	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	1	1	1
2	1,0%	0,8	0,8	0,8
3	2,0%	0,5	0,6	0,55
4	3,0%	0,2	0,4	0,3
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0	0	0
8	7,0%	0	0	0
9	8,0%	0	0	0
10	9,0%	0	0	0
11	10,0%	0	0	0

No	Rating nilai keuntungan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	sedang	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0,4	0,4	0,4
6	5,0%	0	1	0,5
7	6,0%	0,9	1	0,95
8	7,0%	0,9	0,9	0,9
9	8,0%	0,5	0,5	0,5
10	9,0%	0	0	0
11	10,0%	0	0	0

No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan		derajat keanggotaan
	sedang	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	5,0%	0	0	0
3	10,0%	0	0	0
4	15,0%	0	0	0
5	20,0%	0	0	0
6	25,0%	1	0,9	0,95
7	30,0%	1	0,9	0,95
8	35,0%	0	0	0
9	40,0%	0	0	0

No	Rating nilai kemampuan ketersediaan stok	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	besar	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	5,0%	0	0	0
3	10,0%	0	0	0
4	15,0%	0	0	0
5	20,0%	0	0	0
6	25,0%	0	0	0
7	30,0%	0	0	0
8	35,0%	0,4	0,5	0,45
9	40,0%	0,9	1	0,95

No	Rating nilai penghematan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	kecil	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	1	1	1
2	1,0%	0,8	0,7	0,75
3	2,0%	0,4	0,3	0,35
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0	0	0
8	7,0%	0	0	0
9	8,0%	0	0	0
10	9,0%	0	0	0
11	10,0%	0	0	0

No	Rating nilai penghematan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	sedang	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0,9	0,9	0,9
5	4,0%	0,9	0,9	0,9
6	5,0%	0,9	0,9	0,9
7	6,0%	0	0	0
8	7,0%	0	0	0
9	8,0%	0	0	0
10	9,0%	0	0	0
11	10,0%	0	0	0

No	Rating nilai keuntungan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	besar	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0	0	0
8	7,0%	0	0	0
9	8,0%	0,5	0,5	0,5

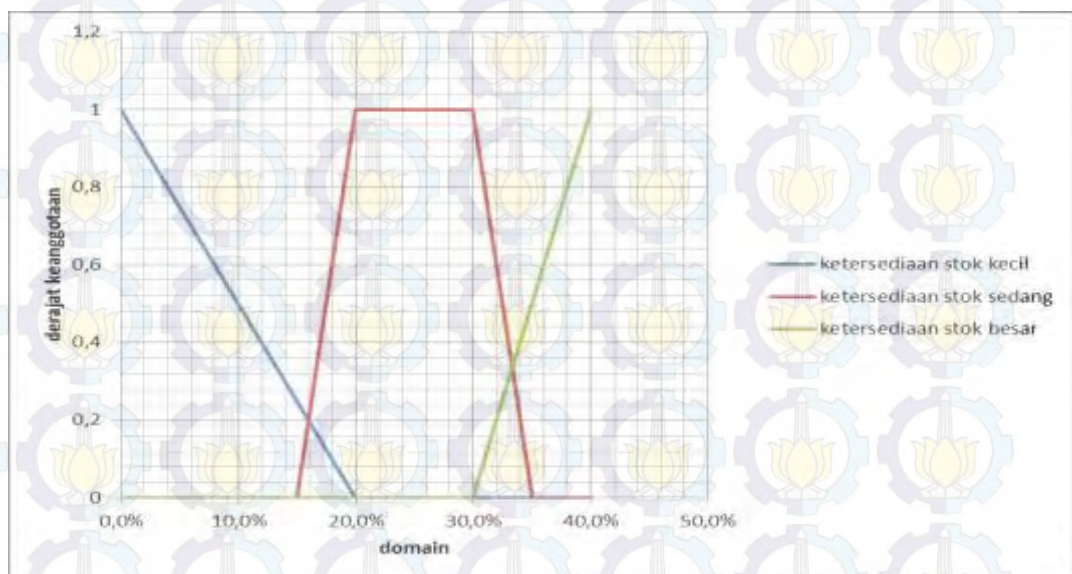
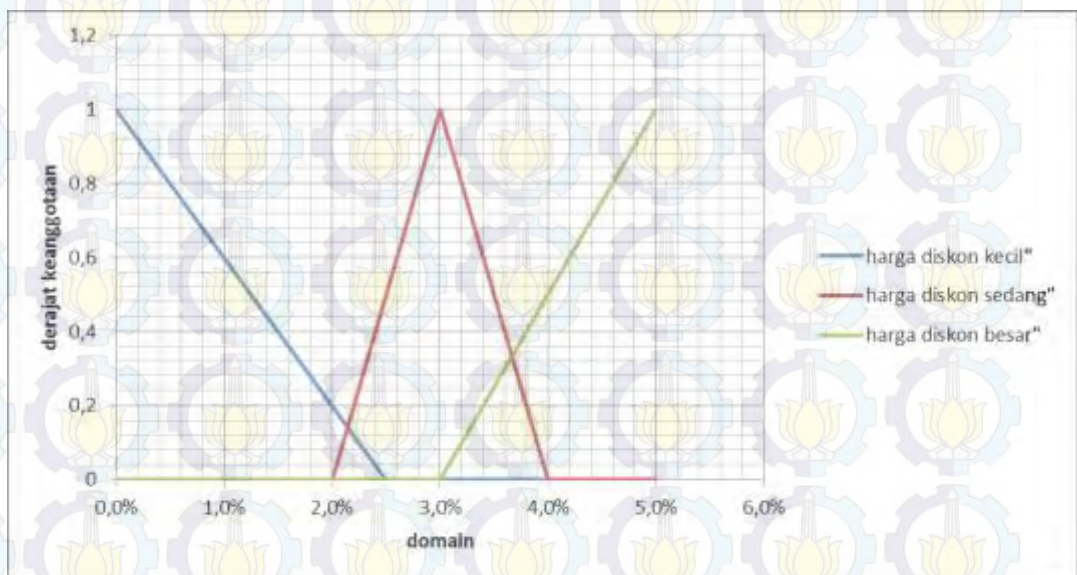
No	Rating nilai penghematan	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
	besar	1	2	
(1)	(2)	(3)	(4)	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0,2	0,2	0,2
8	7,0%	0,4	0,4	0,4
9	8,0%	0,5	0,6	0,55

Lampiran (lanjutan)

No	Rating nilai keuntungan besar	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
(1)	(2)	1	2	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0	0	0
8	7,0%	0	0	0
9	8,0%	0,5	0,5	0,5
10	9,0%	0,7	0,7	0,7
11	10,0%	0,9	0,9	0,9

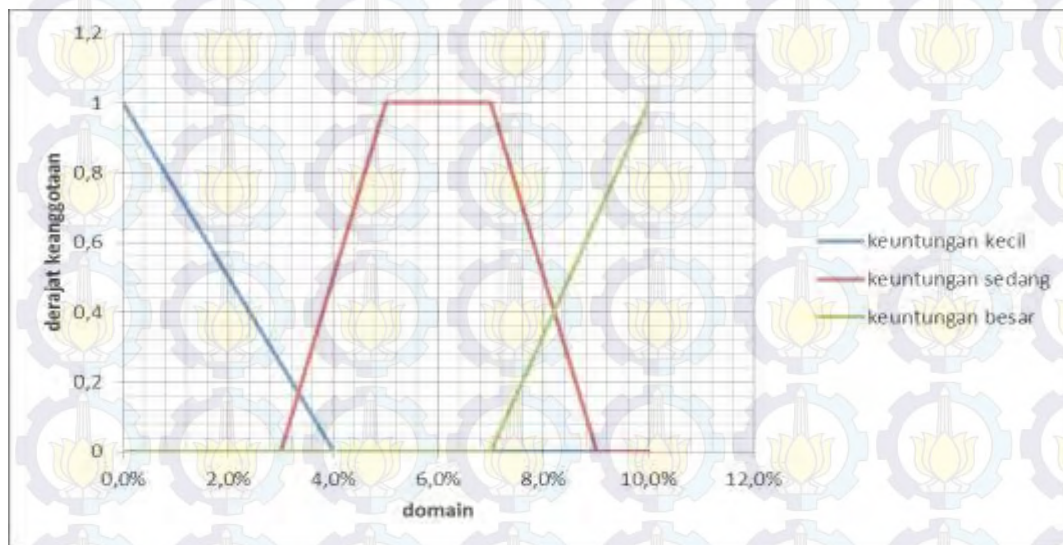
No	Rating nilai penghematan besar	derajat keanggotaan hasil		derajat keanggotaan
(1)	(2)	1	2	(3) + (4) / 2
1	0,0%	0	0	0
2	1,0%	0	0	0
3	2,0%	0	0	0
4	3,0%	0	0	0
5	4,0%	0	0	0
6	5,0%	0	0	0
7	6,0%	0,2	0,2	0,2
8	7,0%	0,4	0,4	0,4
9	8,0%	0,5	0,6	0,55
10	9,0%	0,8	0,7	0,75
11	10,0%	1	1	1

- Subkontraktor

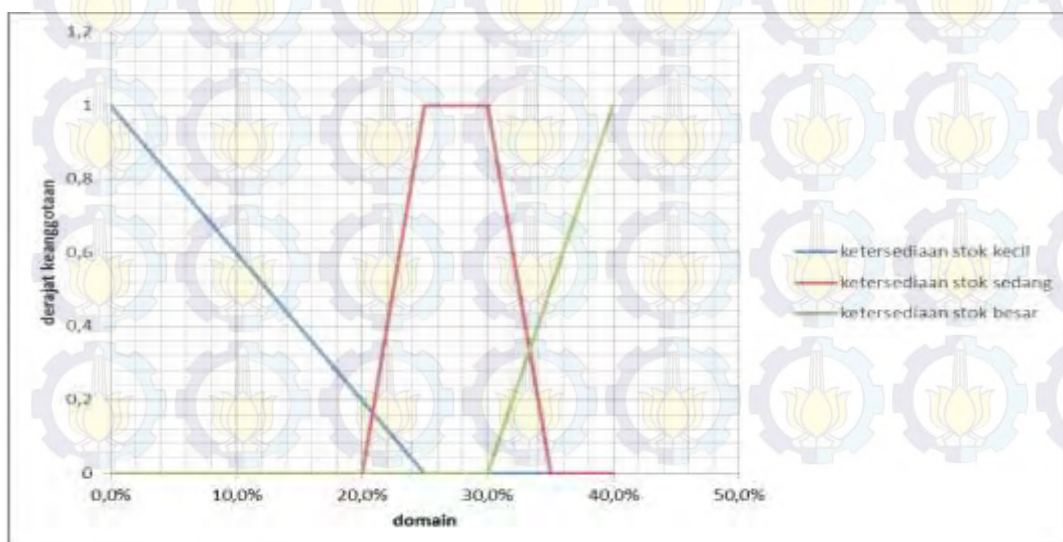
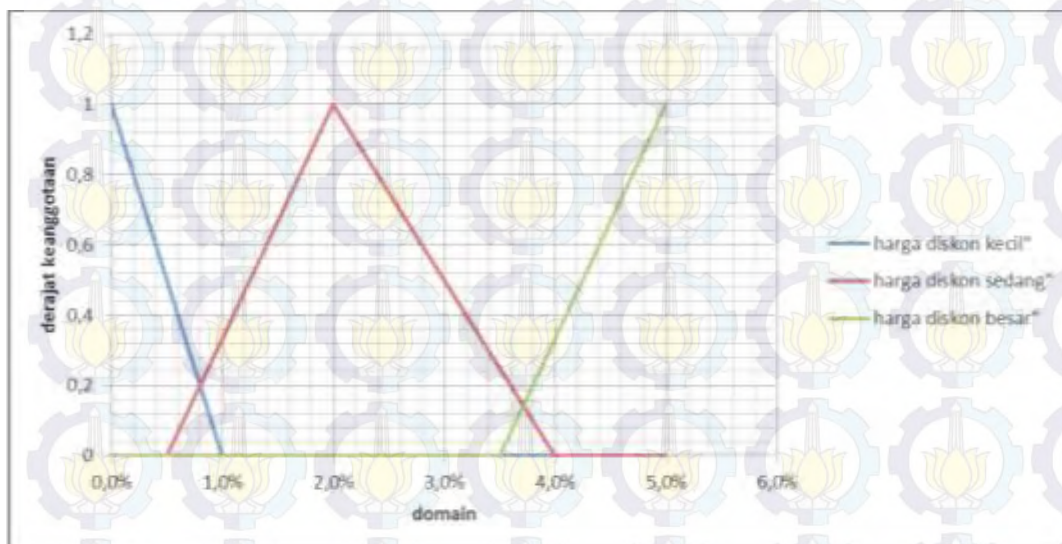


Lampiran (lanjutan)

- Subkontraktor (lanjutan)

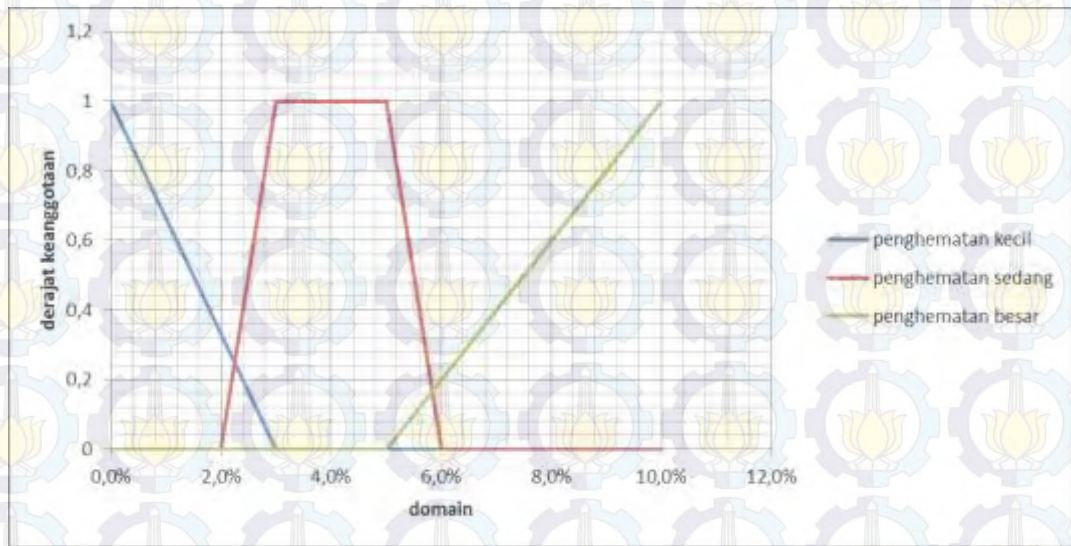


- Kontraktor



Lampiran (lanjutan)

- Kontraktor



BIOGRAFI PENULIS



Hardian Dwi Susanto, lahir di Medan pada tanggal 2 Mei 1985. Setelah lulus dari SLTA Negeri 2 Surabaya pada 2003, kemudian melanjutkan kuliah pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Sipil. Setelah memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST), kemudian memutuskan bekerja pada perusahaan BUMN di bidang jasa konstruksi (EPC). Pada tahun 2013 penulis memutuskan untuk kuliah pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Jurusan Manajemen Proyek Konstruksi.

Contact person penulis : hardwian@live.com

BIOGRAFI PENULIS



Hardian Dwi Susanto, lahir di Medan pada tanggal 2 Mei 1985. Setelah lulus dari SLTA Negeri 2 Surabaya pada 2003, kemudian melanjutkan kuliah pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Sipil. Setelah memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST), kemudian memutuskan bekerja pada perusahaan BUMN di bidang jasa konstruksi (EPC). Pada tahun 2013 penulis memutuskan untuk kuliah pascasarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP), Jurusan Manajemen Proyek Konstruksi.

Contact person penulis : hardwian@live.com